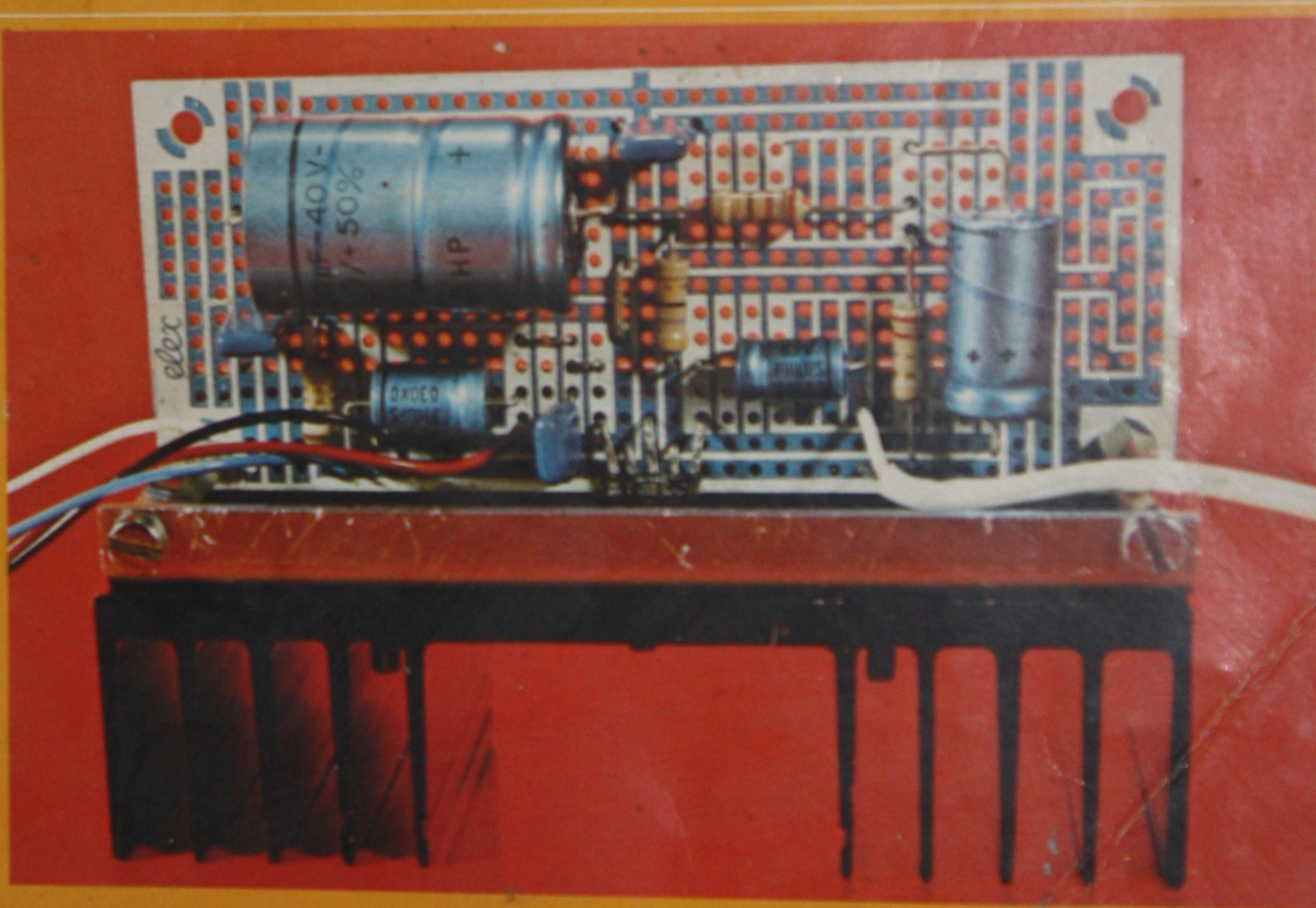
elex

INFORMASI PRAKTIS ELEKTRONIKA

Nomor 2

- Penguat Mini • Alatukur Minivolt Audio
- Alatuji Transistor • Teknik Digit (2)
- Elektronika-opto • Cara Kerja LCD
- Cara Membuat PCB

BONUS: PCB elex SERBAGUNA

PENERBIT PT MULTI MEDIA
GRAMEDIA GRUP, JAKARTA

elex
INFORMASI PRAKTIS ELEKTRONIKA

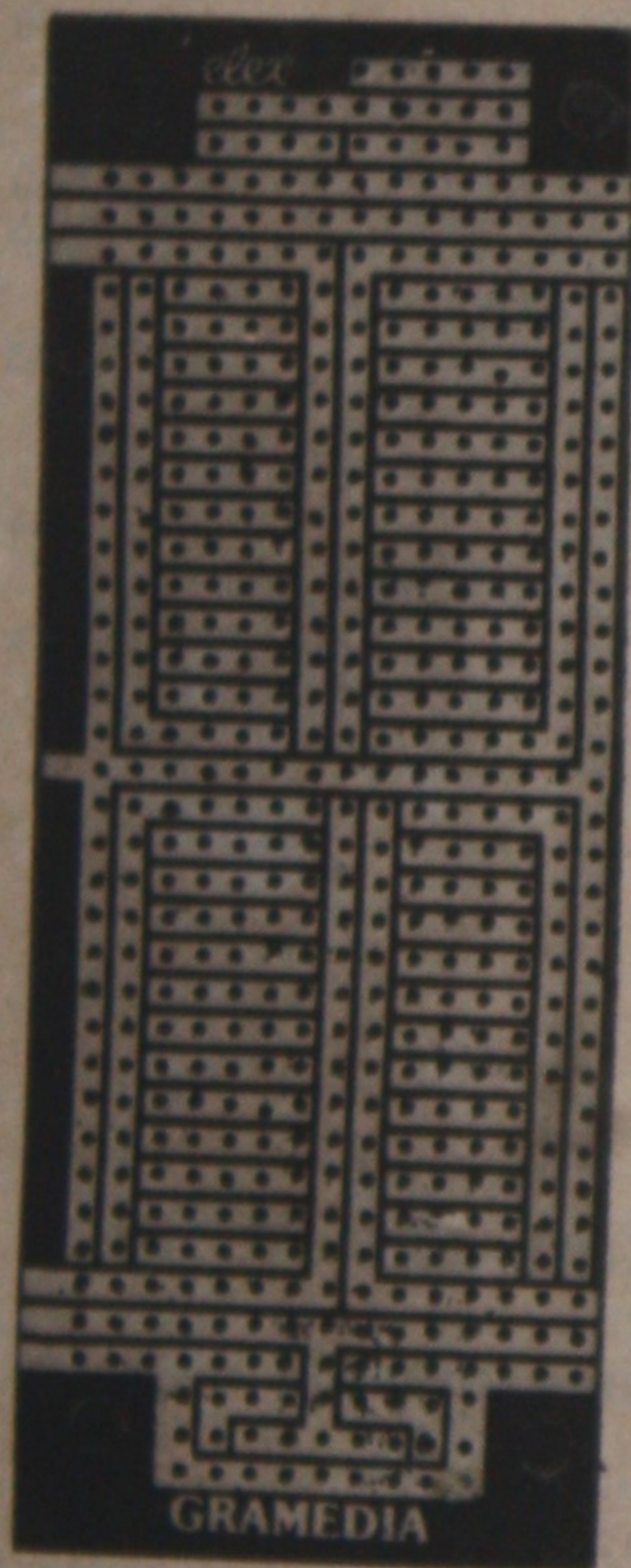
Koordinator: Teddy Surianto
Tim ahli: Wasito S., Robert M. Erwinn

Published by arrangement with Uitgeversmij
Elektuur b.v., Beek (L.), Nederland.

Diterbitkan pertama kali oleh:
Penerbit PT Gramedia,
Jakarta, 1984
Anggota IKAPI

Dicetak oleh
Percetakan PT Gramedia
Jakarta

PCB elex SERBAGUNA

GRAMEDIA

KATA PENGANTAR

Rangkaian elektronika begitu banyak ragamnya dan tiap saat akan ditemukan rangkaian yang lebih bermanfaat, efisien, bahkan lebih ekonomis dibandingkan rangkaian terdahulu.

Kelompok penggemar elektronika juga begitu bervariasi: mulai dari yang sekedar ingin tahu, yang menaruh perhatian dan mencoba (pemula), yang lebih serius lagi mengutak-atik rangkaian elektronika dan betah berjam-jam bergaul dengan komponen elektronika *(hobbyist)* yang tertarik dengan yang lebih ilmiah dan mulai berhubungan dengan rumus-rumus dan perhitungan, sampai dengan kelompok yang banyak berhubungan dengan penelitian-penelitian.

Nah, kelompok-kelompok inilah yang membuat ilmu elektronika makin berkembang dan menambah topik-topik pembicaraan kita. Selanjutnya informasi tersebut kita tampung dan diseleksi sesuai dengan tuntutan saat ini dan diterbitkan dalam bentuk informasi praktis elektronika.

Seperti halnya dengan buku ke-1, **Informasi Praktis Elektronika (2)** membahas masalah-masalah prinsip yang berhubungan dengan elektronika: mengenal komponen, ruang pemula, teori penunjang, aneka proyek, informasi praktis dan tip, serta bengkel instrumentasi. Teori dan praktek dipadukan dalam buku ini sehingga keterkaitan yang erat antara teori dengan kegunaan informasi praktis dan tip dapat langsung dilihat hasilnya dalam praktek. Selamat bereksperimen!

Penerbit

Disain sampul oleh: Rahardjo S.

DAFTAR ISI

A. Pendahuluan 3

1. Mengenal komponen 3
   Resistor, Potensiometer, Ohm dan Farad, Kondensator, Kondensator Elektrolit, Kondensator Variabel, Berbagai Simbol dan Gambar, Nilai Pengukuran, Dioda, Dioda Zener, LED, Dioda-foto, Dioda-kapasitas, Transistor, Transistor Khusus, Komponen Aktif Lainnya, IC.
2. Ruang Pemula 6
   a. Dioda 6
      Prinsip Kerja Dioda
   b. Transistor 7
      Penggabungan Dioda dan Dasar Kerja Transistor
3. Teori Penunjang 8
   a. Satu Transistor dan Dua Resistor 8
   b. Rangkaian Tunggal Basis 10
   c. Kapasitas 12
   d. Teknik Pengukuran: bagian ke-2 14

B. Aneka proyek 18

1. Catu Daya Sederhana 4,5 Volt 18
2. Sumber Arus Konstan 20
3. Akal Tambahan untuk Multimeter 22
4. Alatukur — Milivolt Audio 25
5. Dekade Kondensator dengan Empat Langkah 28
6. Alatukur — VU LED 31
7. Alatuji Transistor 34
8. Penguat mini 37
9. Diisi Ulang Ataukah Dibuang Saja 40
10. Pengisi untuk Aki Nicad (NiCd) 42
11. Teknik Digit Bagian ke-2: 46
    a. Tidak Dan dan Tidak Atau 46
    b. Rangkaian-rangkaian Logika 49

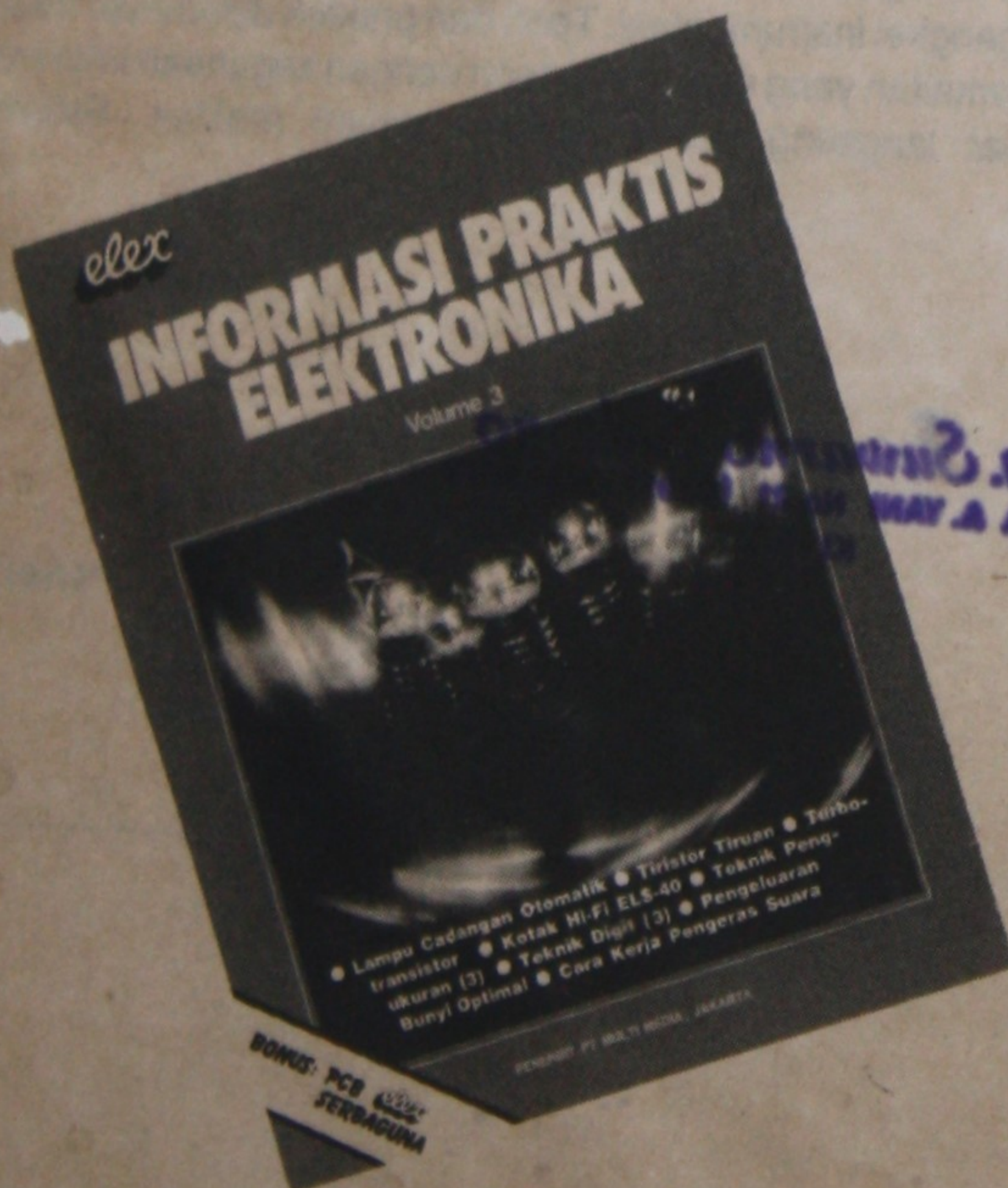
C. Informasi Praktis dan Tip 51

1. Elektronika-opto 51
2. Linier dan Logaritmis 53
3. Bagaimana Cara Kerja LCD? 56
4. Menguji Transistor dengan Telunjuk 58

D. Bengkel Instrumentasi 59

1. Cara Membuat PCB 59
2. Mematahkan PCB Berlubang dan Kawat Penghubung Ekonomis 63

Lampiran 64

1. Penguat operasi (Op-Amp) linier dari National Semiconductor 64

A. PENDAHULUAN

1. MENGENAL KOMPONEN

Resistor

R

Dinyatakan dengan huruf R. Nilai-nilainya dinyatakan dengan cincin-cincin berwarna. Kode-warnanya adalah sebagai berikut:

warna	angka pertama	angka kedua	jumlah nol	toleransi dalam %
hitam	–	0	–	–
coklat	1	1	0	± 1%
merah	2	2	00	± 2%
jingga	3	3	000	–
kuning	4	4	0000	–
hijau	5	5	00000	± 0,5%
biru	6	6	000000	–
ungu	7	7	–	–
kelabu	8	8	–	–
putih	9	9	–	–
emas	–	–	× 0,1	± 5%
perak	–	–	× 0,01	±10%
tiada	–	–	–	±20%

Contoh-contoh:
Coklat-merah-coklat-perak
= 120 Ω 10%
kuning-ungu-jingga-perak: 47.000 Ω
= 47 kΩ 10% (dalam skema ditulis: 47 k)
coklat-hijau-hijau-emas: 1.500.000 Ω
= 1,5 MΩ 5% (dalam skema ditulis 1M5).

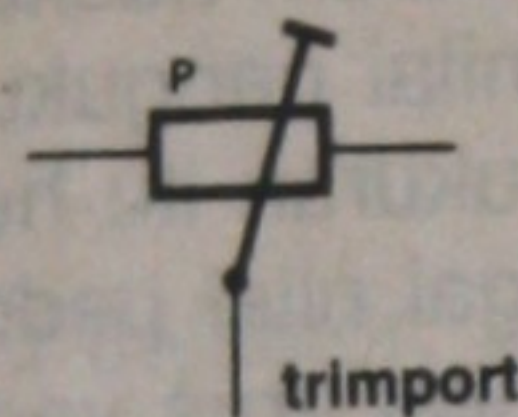
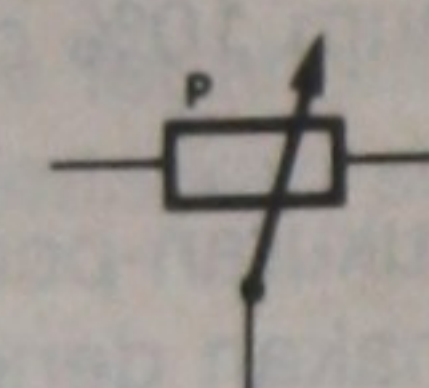
Dalam rangkaian-rangkaian Elek yang dipergunakan hanyalah resistor-resistor yang dinamakan deretan-deretan E12 dengan toleransi sebesar 10% (atau 5%). Bila tidak dinyatakan secara lain, maka yang dipergunakan adalah resistor dengan daya ¼ watt.

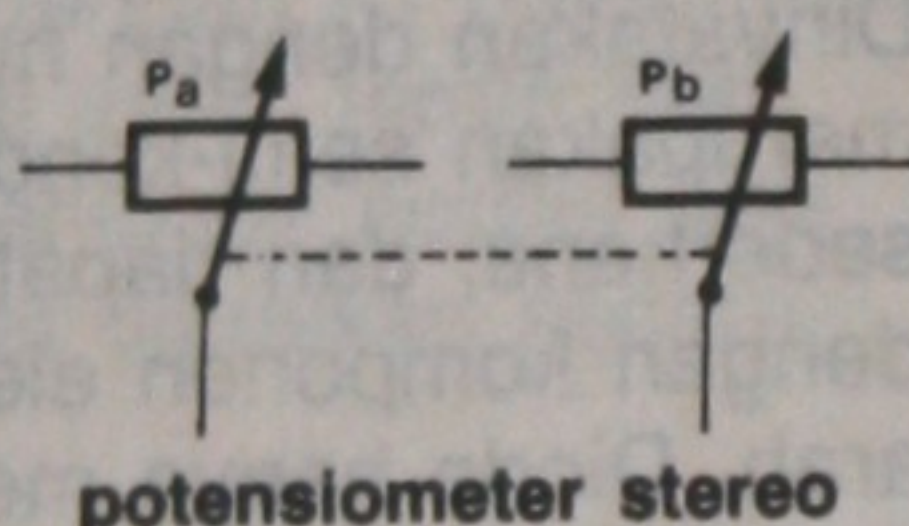
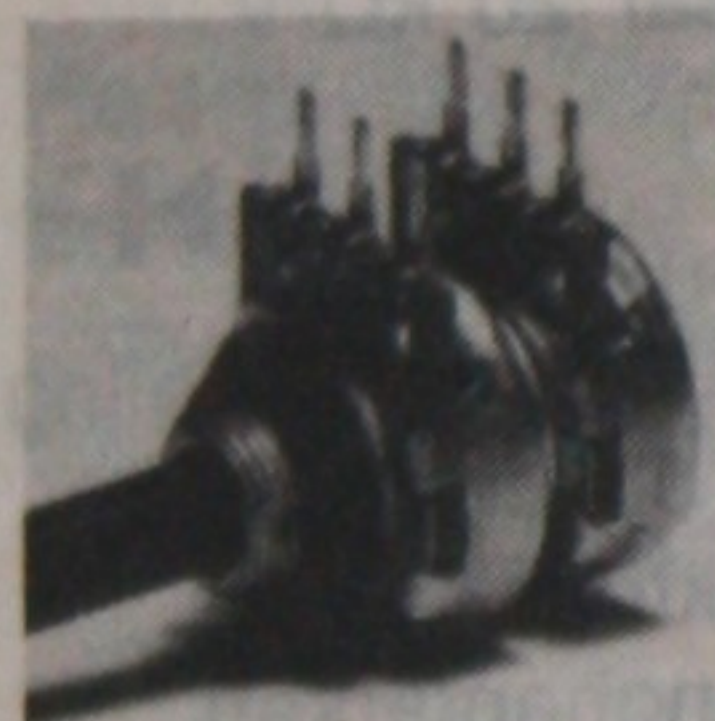
Potensiometer

Selalu dinyatakan dengan huruf P. Potensiometer ini merupakan suatu resistor khusus dengan kontak-geser yang dapat diatur. Melalui penggunaan kontak-geser itu kita dapat membuat suatu percabangan tegangan, yang terjadi antara resistansi potensiometer secara keseluruhan.

P

trimport

P

potensiometer (potensio)

Pa Pb

potensiometer stereo

Potensiometer yang dapat diatur dengan obeng disebut trimpot. Selain itu terdapat potensiometer yang dapat distel langsung (dengan poros).

Berapa Ohm dan Berapa Farad?

Pada resistor dan kondensator baik yang besar maupun yang kecil, maka nilai-nilainya dinyatakan secara singkat dengan bantuan salah satu dari berbagai kata-penghubung sebagai berikut ini.

p = (piko) = 10^{-12} = sepersejuta dari sepersejuta
n = (nano) = 10^{-9} = sepersemilyar
u = (mikro) = 10^{-6} = sepersejuta
m = (mili) = 10^{-3} = seperseribu
k = (kilo) = 10^{3} = seribu
M = (Mega) = 10^{6} = juta
G = (Giga) = 10^{9} = milyar

Dalam buku ini, kata-penghubung itu bukan hanya menggantikan sejumlah angka nol di muka maupun di belakang koma, tetapi juga menggantikan koma itu sendiri. Kata penghubung menggantikan tempat koma. Beberapa contoh:

3k9 = 3,9 kΩ = 3.900 Ω
4µ7 = 4,7 µF = 0,000 0047 F

Kondensator

C

Merupakan tempat penyimpanan muatan listrik, dan dinyatakan dengan huruf C.

Karena kondensator hanya meneruskan tegangan bolak-balik dan tidak meneruskan tegangan-rata, maka kondensator juga dipergunakan untuk mengangkut (mentransportasikan) tegangan bolak-balik.

Jumlah muatan listrik yang dapat ditampung, atau kapasitasnya, diukur dalam farad (F). Nilai-nilai dari kondensator biasa (kondensator keramik dan foli) terletak antara 1 pF dan 1 µF, jadi antara:

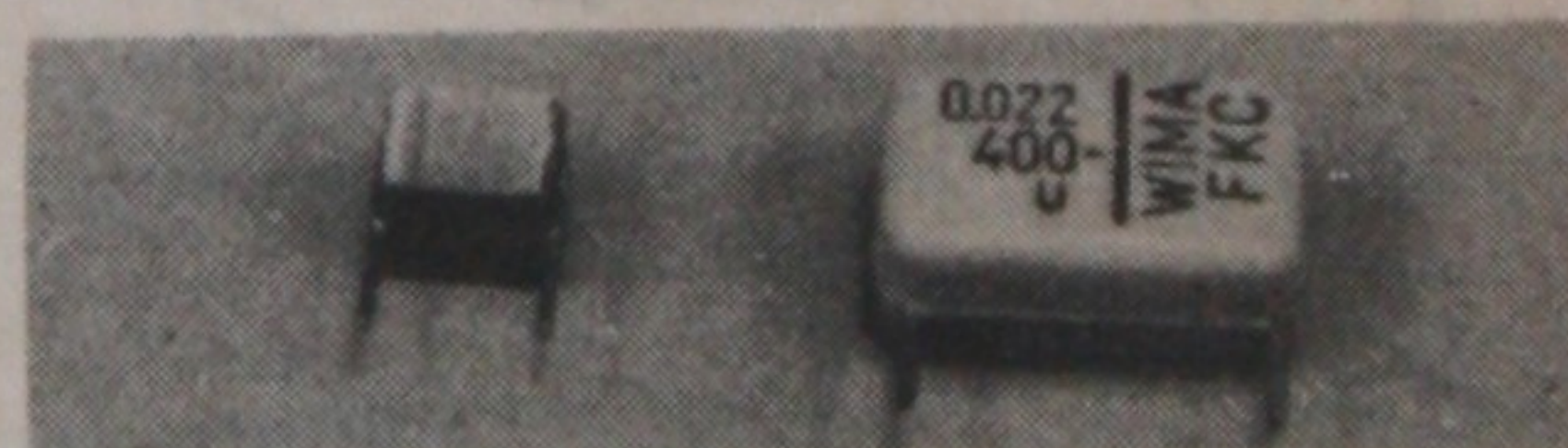
$$\left(\frac{1}{1.000.000.000.000} F\right) \text{ dan}$$

$$\left(\frac{1}{1.000.000} F\right)$$

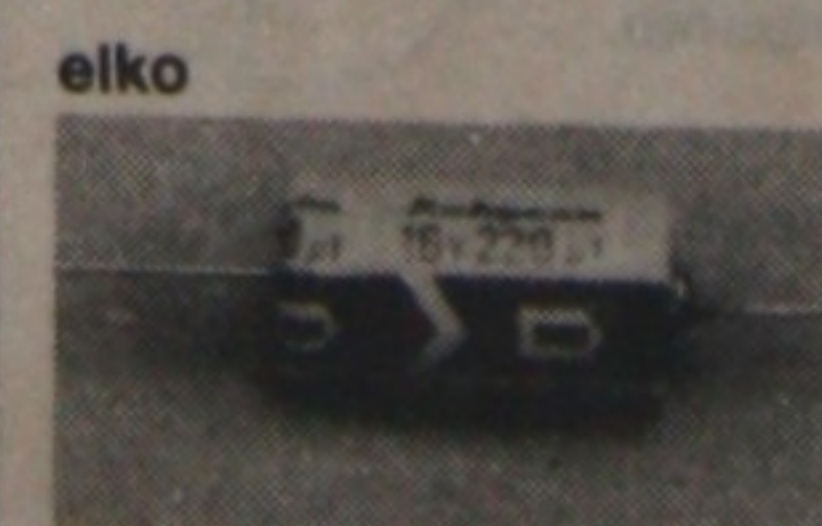
Nilai ini dicantumkan memakai cara penulisan:
1n5 = 1,5 nF; µ 03 = 0,03 µF = 30 nF; 100 p (atau n100 atau n1) = 100 pF.

Tegangan kerja dari kondensator biasa minimal harus 20% lebih tinggi daripada tegangan-catu dari rangkaian. Harga kondensator tergantung pada kapasitas dan bahan-baku yang dipakai untuk pembuatannya.

Kondensator Elektrolit

C +

Elko memiliki kapasitas yang sangat tinggi (antara 1 µF dan 10.000 µF).

Kondensator ini mempunyai polaritas tertentu, dengan kata lain, mempunyai hubungan positif maupun negatif, yang tidak boleh saling dipertukarkan.

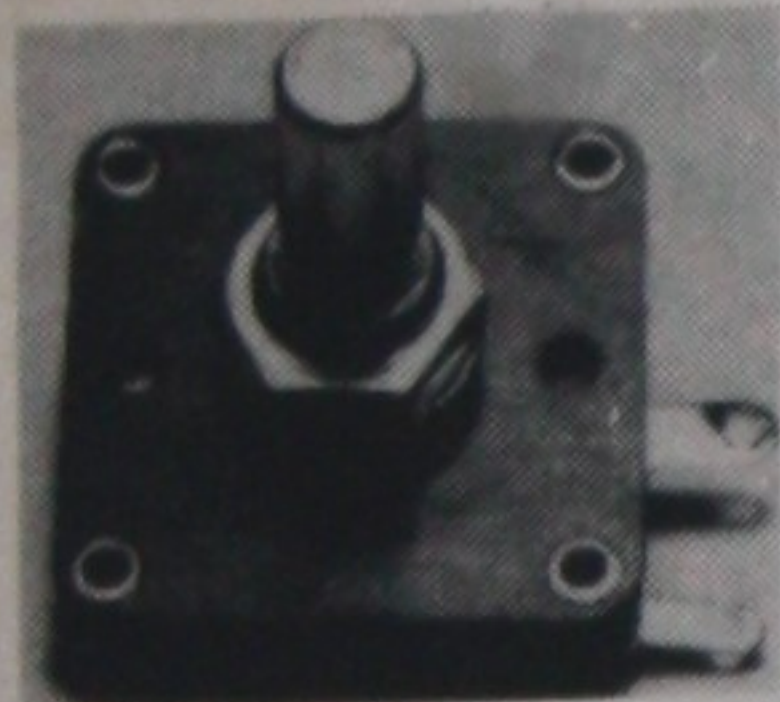
Pada jenis elko tantalum (tipe elko yang sangat kecil) maka kawat-sambungan yang terpanjang positif. Tegangan-kerja dari kondensator elektrolit (elko) telah dicantumkan dalam skema dan daftar komponen. Harga elko tergantung pada nilai dan tegangannya.

elko

elko tantalum

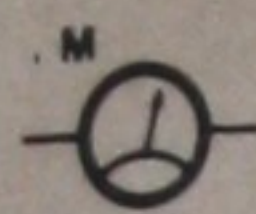
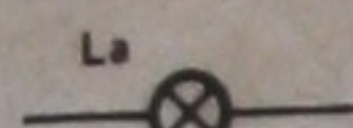
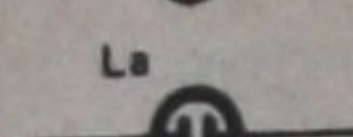
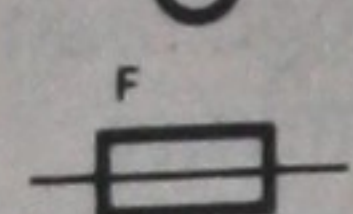
Kondensator Variabel

Seperti halnya pada resistor, maka pada kondensatorpun terdapat jenis yang dapat diatur (disetel) secara khusus.

Terdapat kondensator variabel trimer yang dapat diatur dengan obeng dan kondensator variabel berporos yang dapat diatur langsung pada porosnya.

trimer

kondensator variabel

Berbagai simbol gambar:

- masukan
- keluaran
- masa
- sasis pada nol
- jaringan listrik bumi
- kawat (penghantar)
- sambungan
- penyilangan tanpa sambungan
- kawat dengan selongsong pelindung
- sakelar (terbuka)
- tombol tekan (terbuka)
- sambungan (dimatikan)
- sambungan (dapat dicabut)
- titik untuk mengukur
- pencatu daya searah (baterai, aki)
- resistor peka cahaya
- resistor peka-suhu
- corong telpon
- pengeras suara
- kumparan
- kumparan dengan inti
- transformator
- relai (kontak dalam posisi istirahat)
- instrumen kumparan putar
- lampu pijar
- lampu neon kecil
- sekering

Nilai Pengukuran

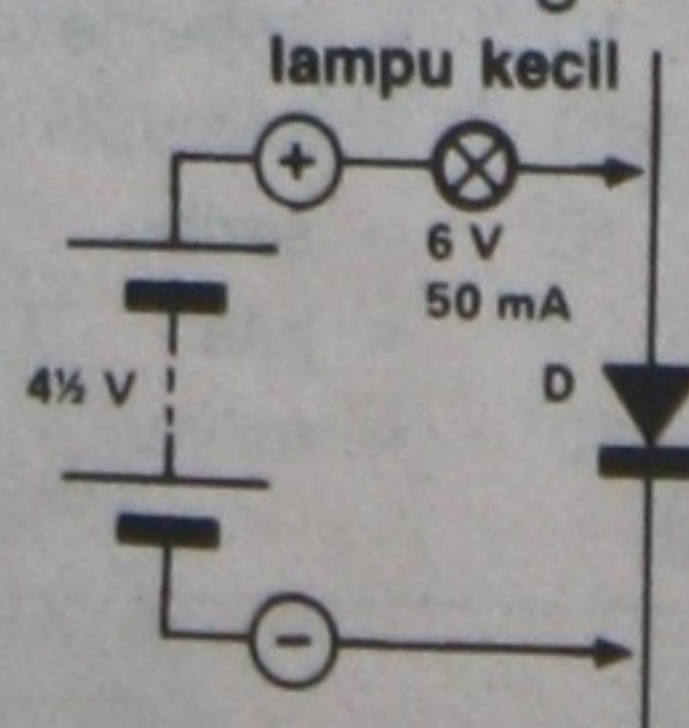
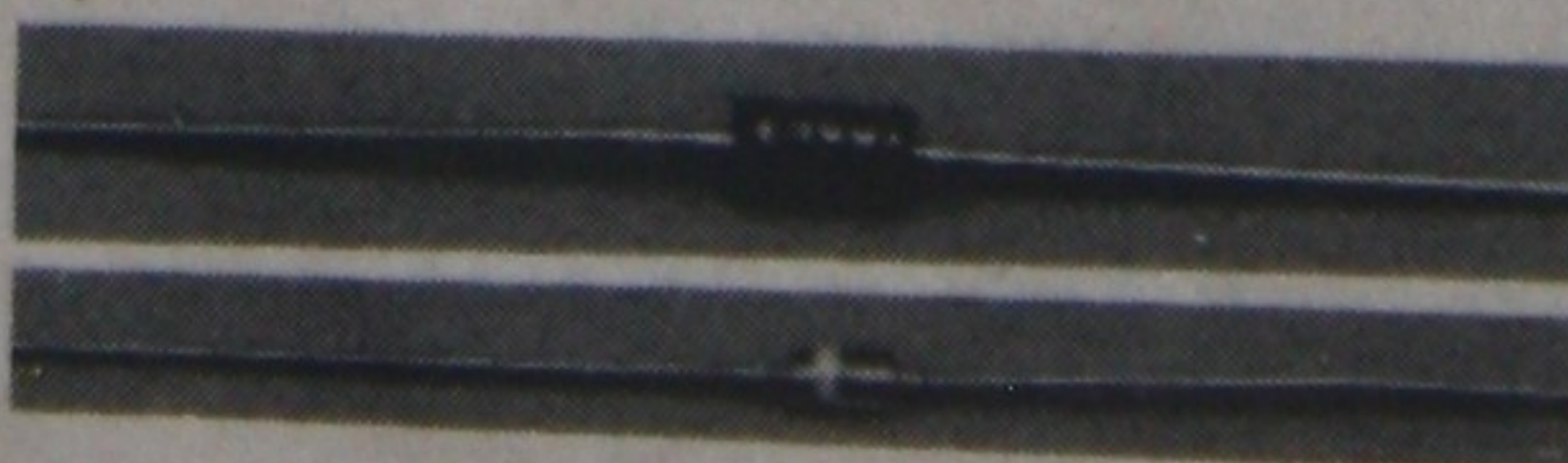
Kadang-kadang pada suatu skema atau dalam naskah, dicantumkan juga nilai-nilai pengukurannya. Nilai-nilai pengukuran itu hendaknya diartikan sebagai nilai pedoman. Nilai tegangan dan nilai arus yang sesungguhnya diperbolehkan menyimpang sampai maksimum 10% dari nilai-pedoman tadi.

Pengukuran-pengukuran itu dilaksanakan dengan tipe alatukur universal yang banyak dijumpai dengan resistansi dalam sebesar 20 kΩ/V.

Dioda

Dinyatakan dengan huruf D, dan merupakan semi-konduktor yang paling sederhana, dan dapat disamakan dengan komponen elektronika satu arah. Dioda hanya menghantarkan arus listrik dalam satu arah. Jika diputar-balikkan, dioda akan menyumbat arus.

Menurut arah-menghantar maka dalam suatu dioda silikon akan terjadi penurunan tegangan antara kedua titik sambungan sebesar 0,6 Volt (tegangan-ambang). Seringkali sisi katoda diberi tanda berupa cincin berwarna, suatu titik atau ukiran (pahatan) pada dioda. Bila kutub dioda tidak diberi tanda, maka kita dapat mengenalinya lagi dengan cara pengujian melalui peralatan lampu-kecil dan batere. Lampu-kecil itu hanya akan menyala jika terpasang menurut arah seperti yang terlukis dalam gambar.

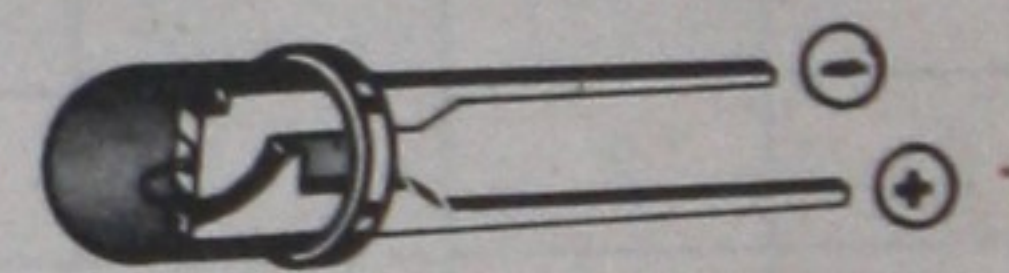
lampu kecil
6 V
50 mA
4½ V
D

Data-data teknis yang terpenting dari suatu dioda adalah tegangan-penyumbatnya dan arus maksimumnya. 1N4001 (tegangan penyumbat 50 Volt, arus-maksimum 1 A).

Dioda Zener

Adalah dioda yang pada arah-penyumbat tidak akan menyumbat lagi setelah berada di atas tegangan tertentu (tegangan zener). Tegangan yang terjadi pada dioda ini boleh dikatakan tetap (konstan). Dioda ini dapat diperoleh untuk berbagai tingkat tegangan dan daya.

LED

LED *(Light Emitting Diode)* adalah dioda yang dipasang dalam wadah yang tembus-pandang, yang akan menyala bila dilalui oleh arus.

Tegangan pada dioda ini tidaklah 0,6 Volt tetapi di antara 1,6 Volt dan 2,4 Volt tergantung pada tipenya. Arus yang dibutuhkan sebesar (15–25) mA.

Katodanya simbol garis lurus dapat kita kenali dengan tanda kaki yang pendek.

Dioda-foto

Ini sebenarnya merupakan kebalikan dari LED; dioda ini bukannya memancarkan cahaya tetapi malahan menerima cahaya dan menghasilkan arus yang ditentukan oleh adanya cahaya.

Dioda-kapasitas

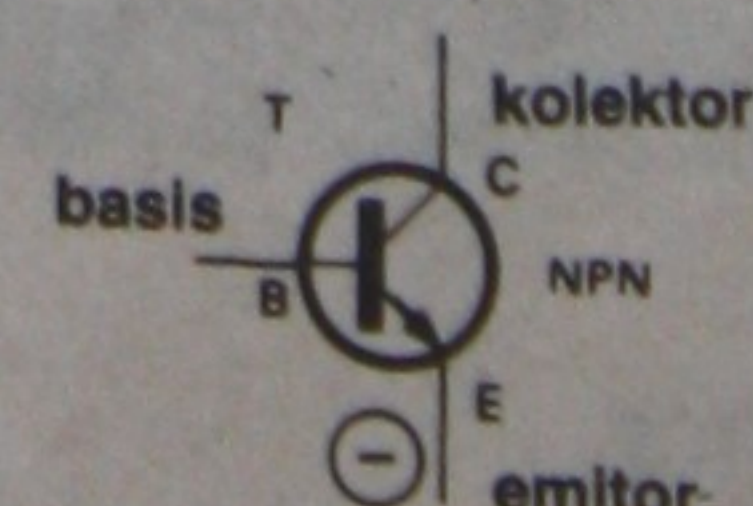
Adalah dioda yang bila dipasang menurut arah-penyumbat, akan berfungsi sebagai kondensator.

Kapasitas dari kondensator ini ditentukan oleh tegangan pada dioda, jadi suatu kondensator yang tergantung pada tegangan.

Transistor

Sama seperti halnya dioda dan LED, yaitu sebagai semi-konduktor. Transistor mempunyai tiga buah pena: basis, emitor, dan kolektor.

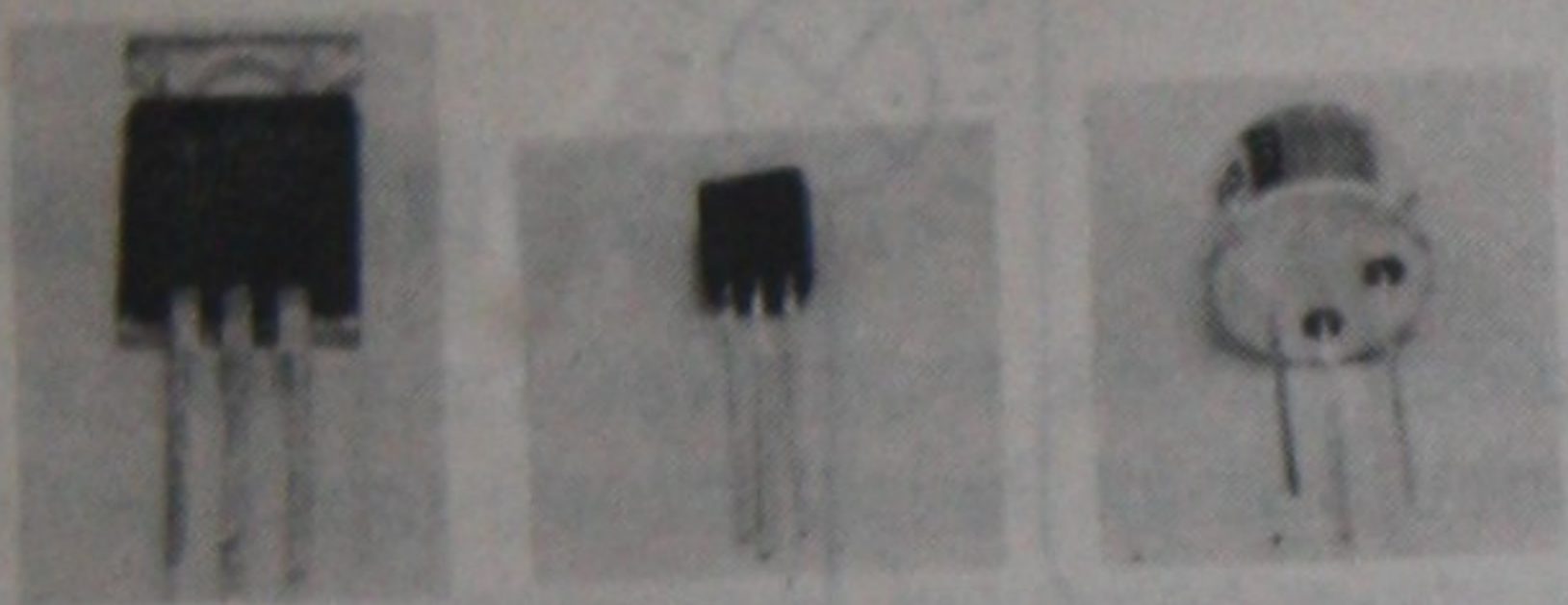
BC 547

basis, kolektor, emitor — transistor NPN

basis, kolektor, emitor — transistor PNP

Terdapat dua jenis transistor; NPN dan PNP.

Pada jenis NPN, maka pena emitor selalu negatif terhadap kolektornya. Pada jenis PNP justru terjadi hal yang sebaliknya.

Suatu arus kecil/lemah yang mengalir dari basis ke emiter, akan menyebabkan terjadinya arus yang jauh lebih besar antara kolektor dan emitor. Karena itulah kita mengatakan bahwa transistor "memperkuat" arus-basis (penguatan arus).

Sekarang ini transistor merupakan unsur-unsur yang paling penting dalam rangkaian-penguatan.

Dalam rangkaian kita, maka tipe-tipe yang paling banyak dipakai adalah BC 547 (NPN) dan BC 557 (PNP). Kedua tipe ini mempunyai sambungan yang sama.

Pada sebagian besar rangkaian, maka sebagai ganti BC 547 dan BC 557 juga dapat dipergunakan tipe-tipe lainnya dengan sifat yang kurang lebih sama:
NPN: BC 548, BC 549, BC 107 (108, 109), BC 237 (238, 239).
PNP: BC 558, BC 559, BC 177 (178, 179), BC 251 (252, 253).

Transistor Khusus

Contoh transistor khusus adalah transistor-cahaya dan FET. Transistor-cahaya dapat dianggap sebagai dioda-cahaya dengan penguatan.

FET adalah transistor yang dapat menghantarkan listrik karena adanya suatu tegangan (jadi tanpa arus).

Seperti halnya pada transistor terdapat tipe NPN dan PNP, maka pada FET-pun ada tipe saluran N dan tipe saluran P.

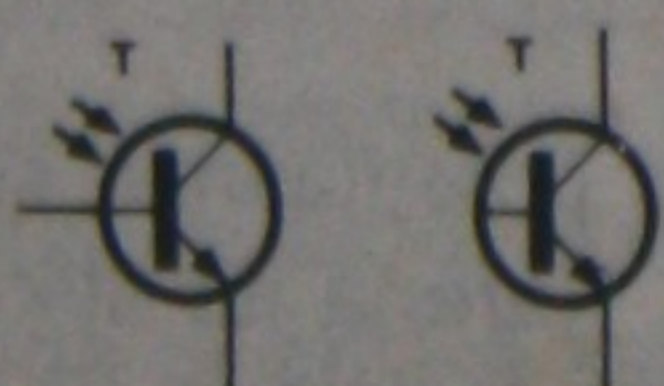
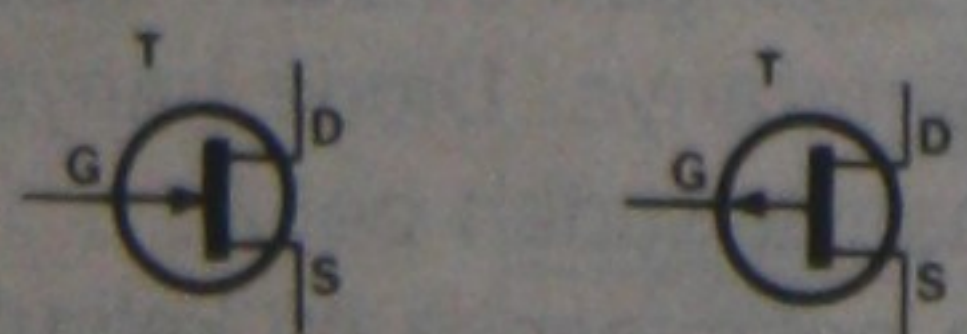
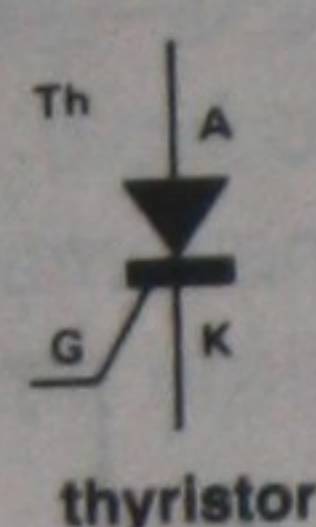



foto transistor (NPN) dengan atau tanpa sambungan-basis

saluran-N J-FET saluran-P J-FET

Komponen Semi-konduktor Lainnya

Diantaranya adalah thyristor, diac dan triac.

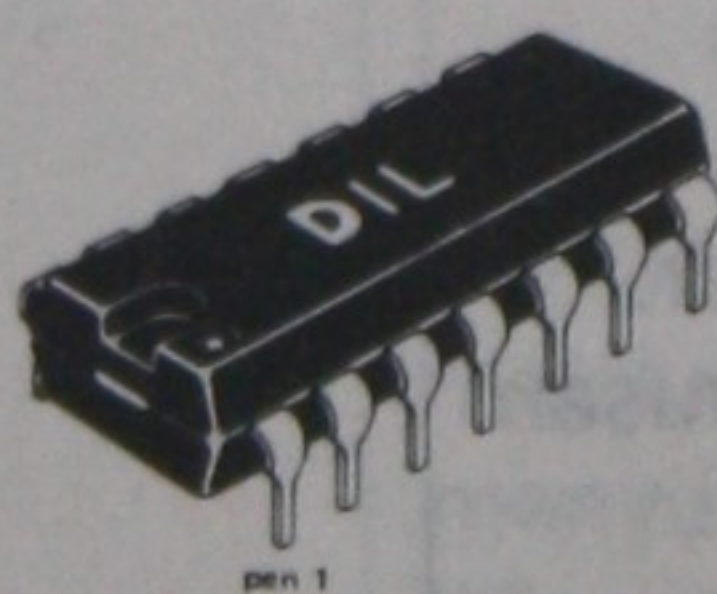
Suatu thyristor adalah suatu dioda yang dengan melalui arus-kemudi (arus-gerbang) dapat menghantarkan listrik.

thyristor diac triac

Triac bekerja seperti thyristor, tetapi untuk arus bolak-balik.

Diac menyumbat dalam kedua arah tetapi setelah melebihi tegangan tertentu akan menghantarkan secara penuh.

Rangkaian Terpadu

Sering disingkat dengan IC *(integrated circuit)*. Pada saat ini IC terdiri dari banyak variasi, sehingga sedikit saja hal-hal yang dapat diuraikan secara umum.

Kebanyakan IC disimpan dalam rumah-DIL *(dual in line)*. Seringkali pena-pena itu terpasang agak berjauhan, sehingga perlu agak dibengkokkan agar IC ini dapat masuk dalam tempatnya. (Hati-hati jangan sampai patah).

Untuk mencegah terjadinya kekeliruan maka pada pena 1 pada IC selalu diberi tanda dengan titik atau ukiran (dengan pahat).

Bila semi-konduktor yang diuraikan di muka tidak tersedia, maka dapat dipergunakan tipe yang sejenis (ekuivalen).

Berbagai pabrik sering membuat IC dengan keterangan yang berbeda untuk nomor-tipe yang sama.

Dalam skema dan daftar komponen hanya dinyatakan nomor tipenya.

Sebagai contoh: Penguat operasional tipe 741, muncul dalam bentuk seperti: uA 741, LM 741, MC 741, RM 741, SN 72741, dan sebagainya. Sangatlah dianjurkan agar IC itu ditempatkan dalam soket (tempat) IC sehingga bila terjadi kerusakan akan mudah untuk menggantikannya dengan yang baru.

Simbol-simbol

Kadang-kadang untuk hal-hal seperti gerbang-gerbang logika, maka simbol dari skema yang dipergunakan telah menyimpang dari persetujuan-gambar yang resmi (DIN, NEN). Skema-skema ini telah banyak dipublikasikan di banyak negara.

Gerbang-gerbang logika itu digambarkan menurut cara Amerika. Dalam gerbang-gerbang maka tanda-tanda yang telah lazim pada NEN dan DIN tetap dituliskan seperti "&", "≥", "1" atau "= 1".

Karena itu maka gambar-gambar itu tetap dapat dipergunakan secara internasional, dan tetap dapat dipergunakan dan sesuai dengan metoda penggambaran yang resmi berlaku pada lembaga pendidikan elektronika. ●

Elex NEN

penguat operasional (op-amp)

penjungkir (inverter)

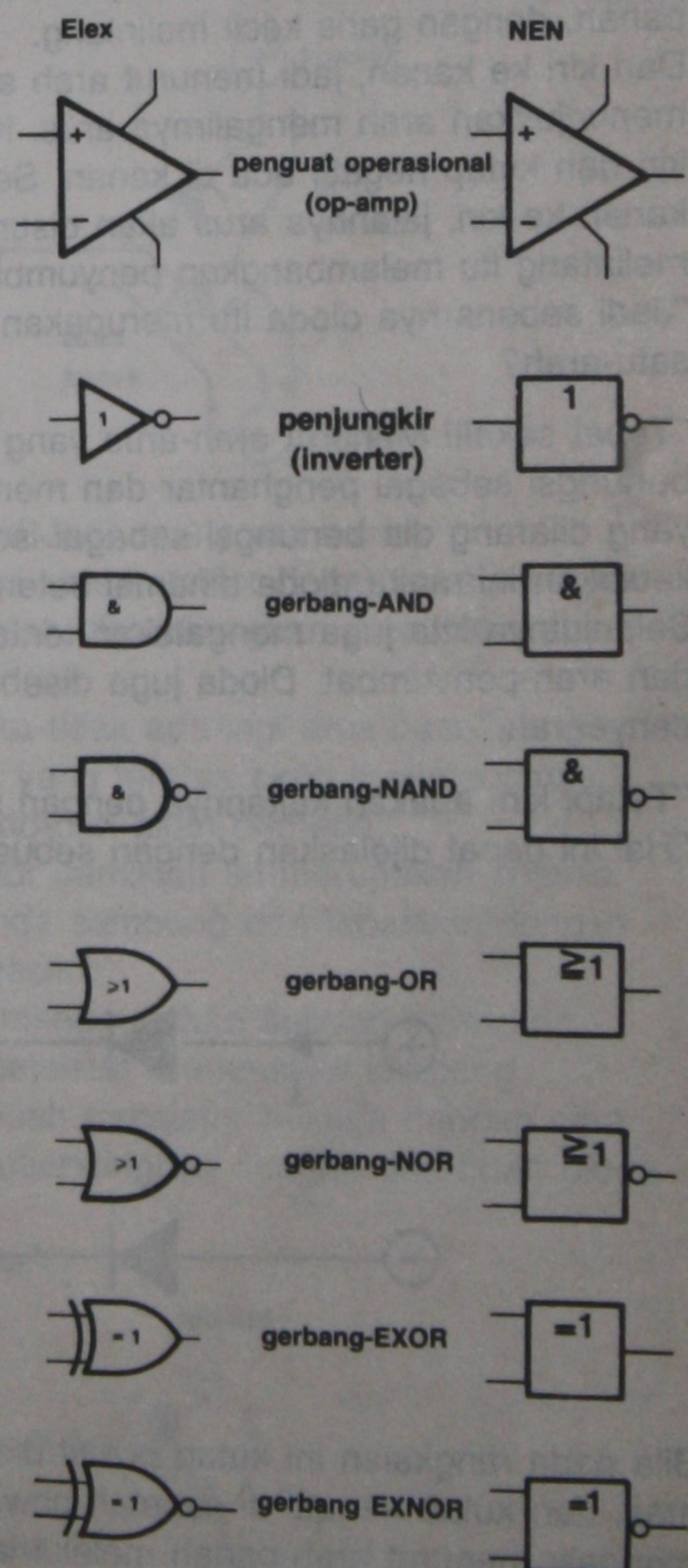
gerbang-AND

gerbang-NAND

gerbang-OR

gerbang-NOR

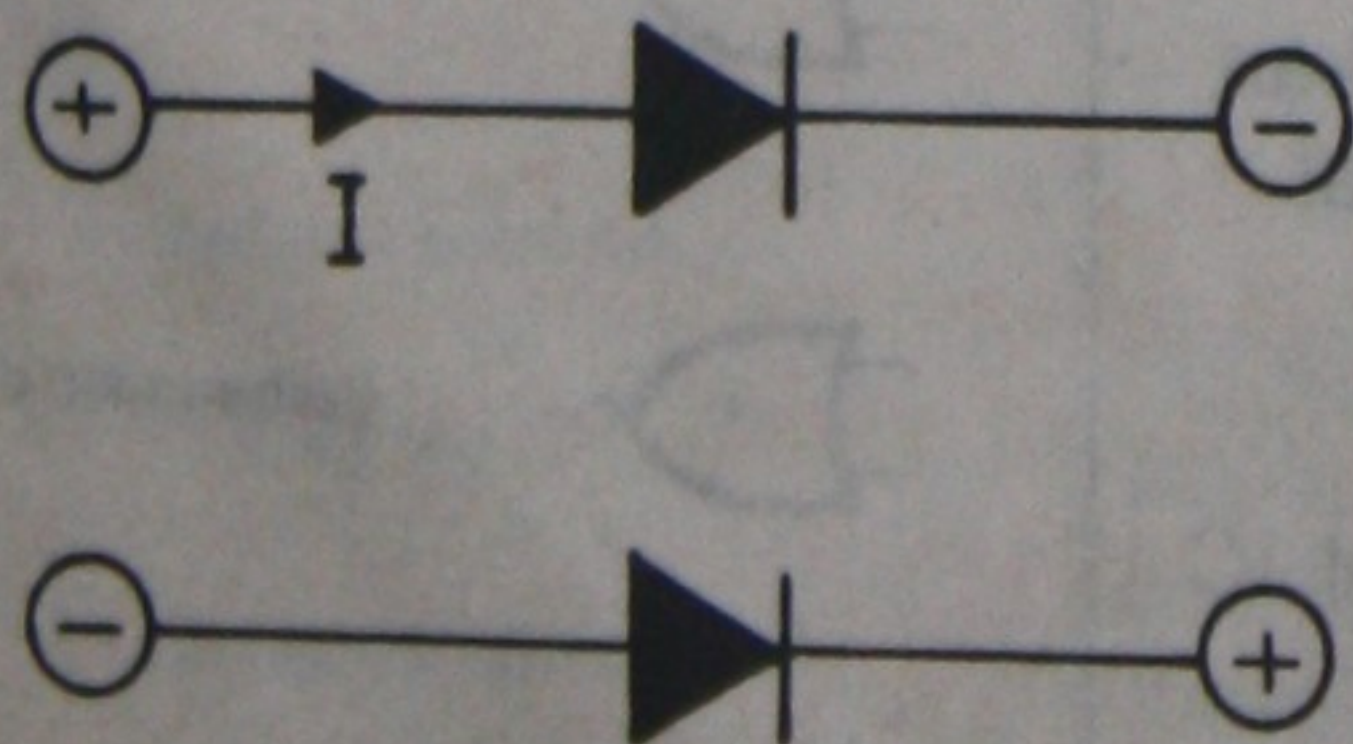
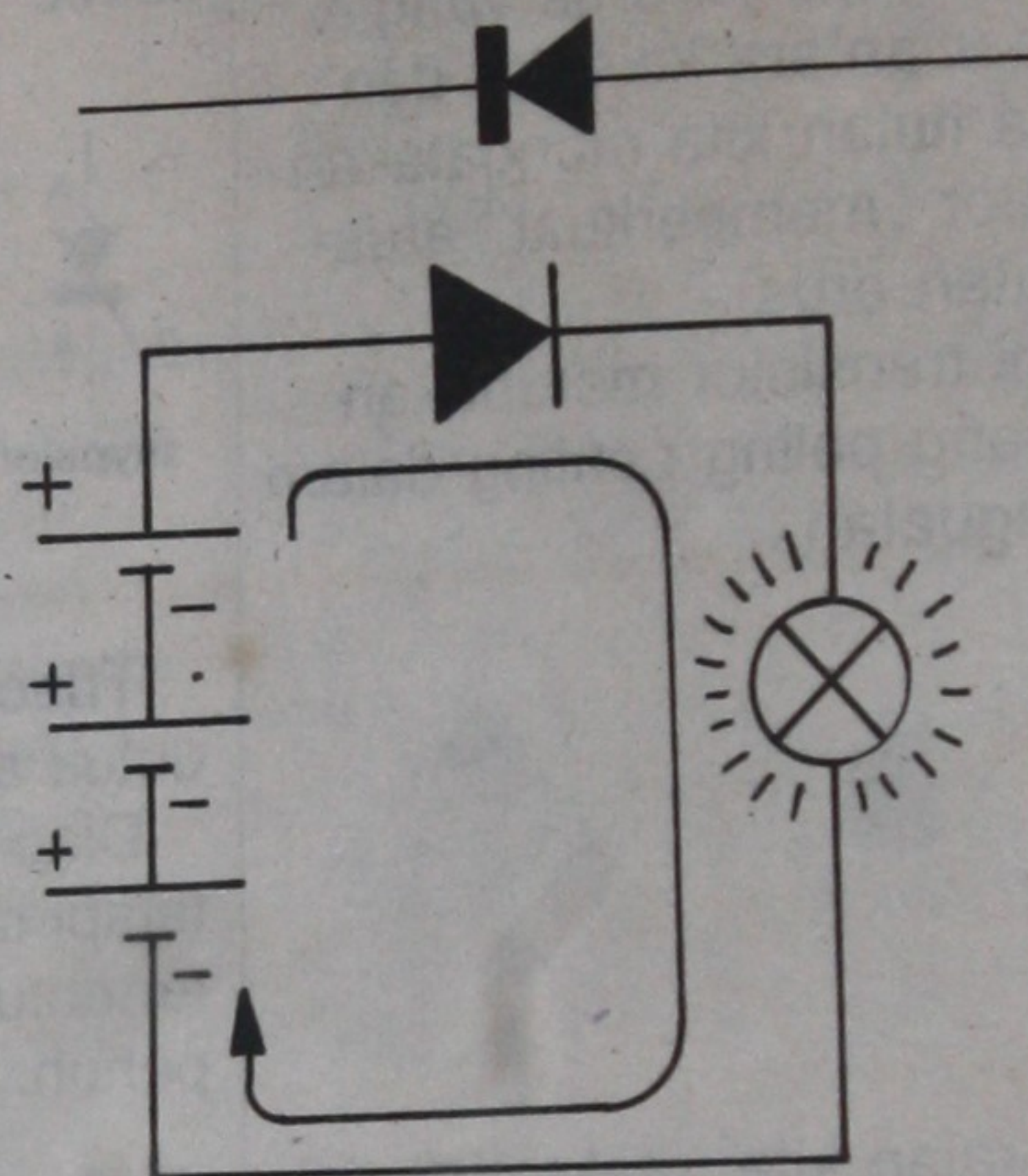
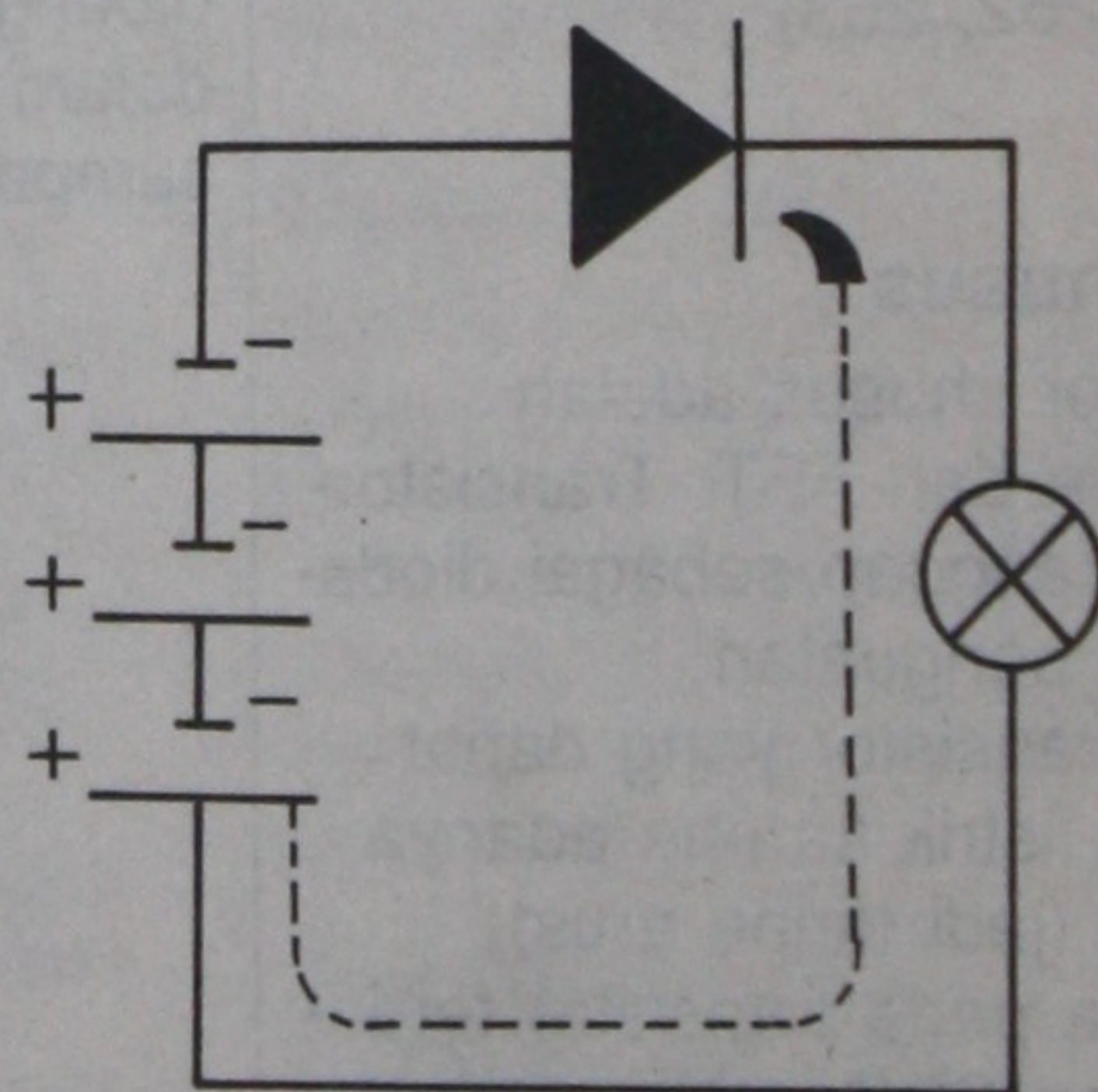
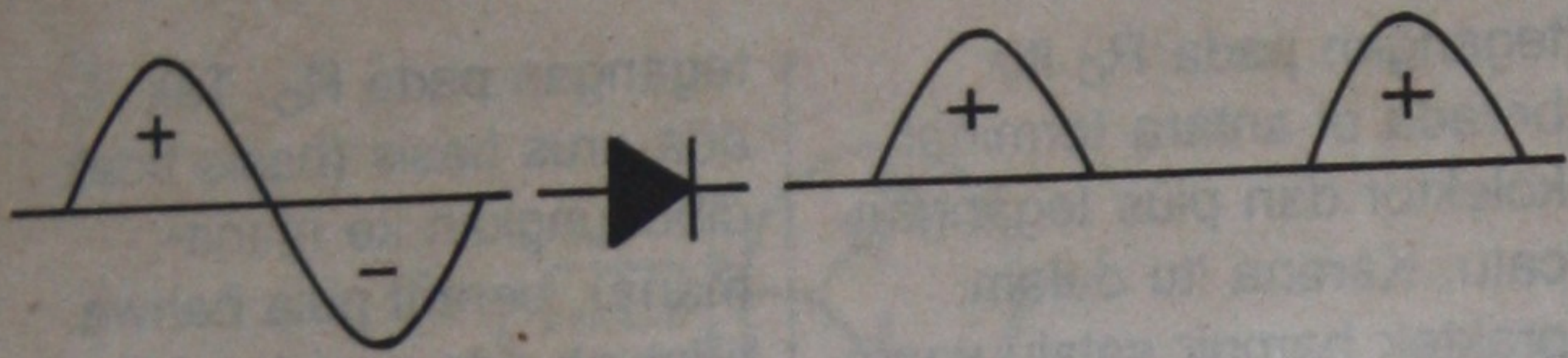
gerbang-EXOR

gerbang EXNOR

2. RUANG PEMULA

a. Dioda

"Apakah Anda sudah mengenal resistor?"
"Belum."
"Setengah penghantar-listrik!"
"Tetapi resistor bukan merupakan setengah penghantar listrik."
"Mengapa tidak? Bila ada sesuatu benda yang demikian bagusnya sehingga tidak mempunyai resistansi, maka Anda menyebutnya sebagai penghantar-listrik. Suatu isolator tidak meneruskan arus, jadi sama sekali tidak menghantarkan arus. Secara logisnya, maka setengah penghantar arus itu harus berada di antara keduanya."
""Walaupun kurang setuju kenyataannya resistor bukanlah setengah penghantar-arus. Suatu benda dapat disebut setengah-penghantar bila benda itu kadang-kadang menghantarkan arus dan sampai berapa jauh hal ini tergantung pada berbagai faktor."
"Jadi saklar pun merupakan setengah-penghantar?"
Tidak. Walaupun Anda juga tidak keliru sama sekali. Ambil sebuah contoh misalnya dioda. Dioda adalah setengah-penghantar dengan dua buah kawat-kawat sambungan. Lambang-gambarnya adalah segitiga, sebuah panah, dengan garis kecil melintang.
Dari kiri ke kanan, jadi menurut arah anak panah, menunjukkan arah mengalirnya arus. Kutub positif ada di kiri dan kutup negatif ada di kanan. Sebaliknya, dari arah kanan ke kiri, jalannya arus akan disumbat. Garis kecil melintang itu melambangkan penyumbatan arus ini.
"Jadi sebenarnya dioda itu merupakan komponen jalan-satu-arah?

"Tepat sekali! Menurut arah-arus yang diperkenankan dia berfungsi sebagai penghantar dan menurut arah-arus yang dilarang dia berfungsi sebagai isolator. Karena keunikan ini maka dioda dinamai setengah-penghantar. Selanjutnya kita juga mengatakan tentang arah-penerusan dan arah-penyumbat. Dioda juga disebut sebagai penyearah."

"Tetapi kini apakah kaitannya dengan sebuah saklar?"
"Hal ini dapat dijelaskan dengan sebuah contoh.

Bila pada rangkaian ini kutub positif disambungkan di atas, dan kutub negatif di sebelah bawahnya, maka arus mengalir menurut arah-panah melalui lampu dan akan menyala. Dioda itu bekerja sebagai saklar tertutup yang akan meneruskan arus.
Bila kini kutub positif dan negatip di balik, maka lampu tidak akan menyala lagi. Arus itu dirintangi oleh dioda. Hal ini seolah-olah saklar itu terbuka."

"Jadi dengan rangkaian ini dapat Anda pakai untuk menguji polaritasnya, sebab dioda bekerja sebagai saklar yang secara otomatis akan tertutup pada polaritas yang benar, dan akan terbuka bila polaritasnya terbalik."
"Dioda luas sekali pemakaiannya. Hampir setiap pesawat elektronika yang akan Anda temui dioda, bahkan seringkali empat buah sekaligus."
"Jadi apa kerjanya?"

"Tugasnya adalah menyearahkan arus-bolak-balik menjadi arus-searah. Masih ingat tentang tegangan bolak-balik?"
"Ya, tegangan bolak-balik bertukar polaritasnya sebanyak seratus kali untuk setiap detiknya. Karena itu titik-titik kontak pada stop-kontak selalu bertukar-tukar polaritasnya, dan aruspun bertukar mengalirnya dari satu arah dan ke arah lainnya." Bila kita ingin mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan-searah, maka dioda pun akan dipasang di antaranya. Dioda hanya mau meneruskan arus bila polaritasnya sudah betul."
"Dan apakah yang terjadi bila polaritasnya itu keliru?"
"Dengan sendirinya dioda akan menyumbat arus.

Penyearah dioda yang terdiri dari sebuah dioda, disebut juga penyearah bersegi-tunggal yang hanya meneruskan perioda positifnya. Tegangan-keluarannya nampak menjadi agak aneh, tetapi polaritasnya tidak akan berganti-ganti lagi. Kalau dua buah dioda digabungkan maka diperoleh komponen baru yang dinamakan transistor. Untuk jelasnya silakan Anda ikuti uraian selanjutnya." •

b. Transistor

"Apakah transistor dapat disebut sebagai penahan arus yang dapat diatur? Dapat, karena dengan transistor Anda dapat mempengaruhi kekuatan suatu arus."

"Aha, jadi semacam keran-air, tetapi keran khusus elektronika."

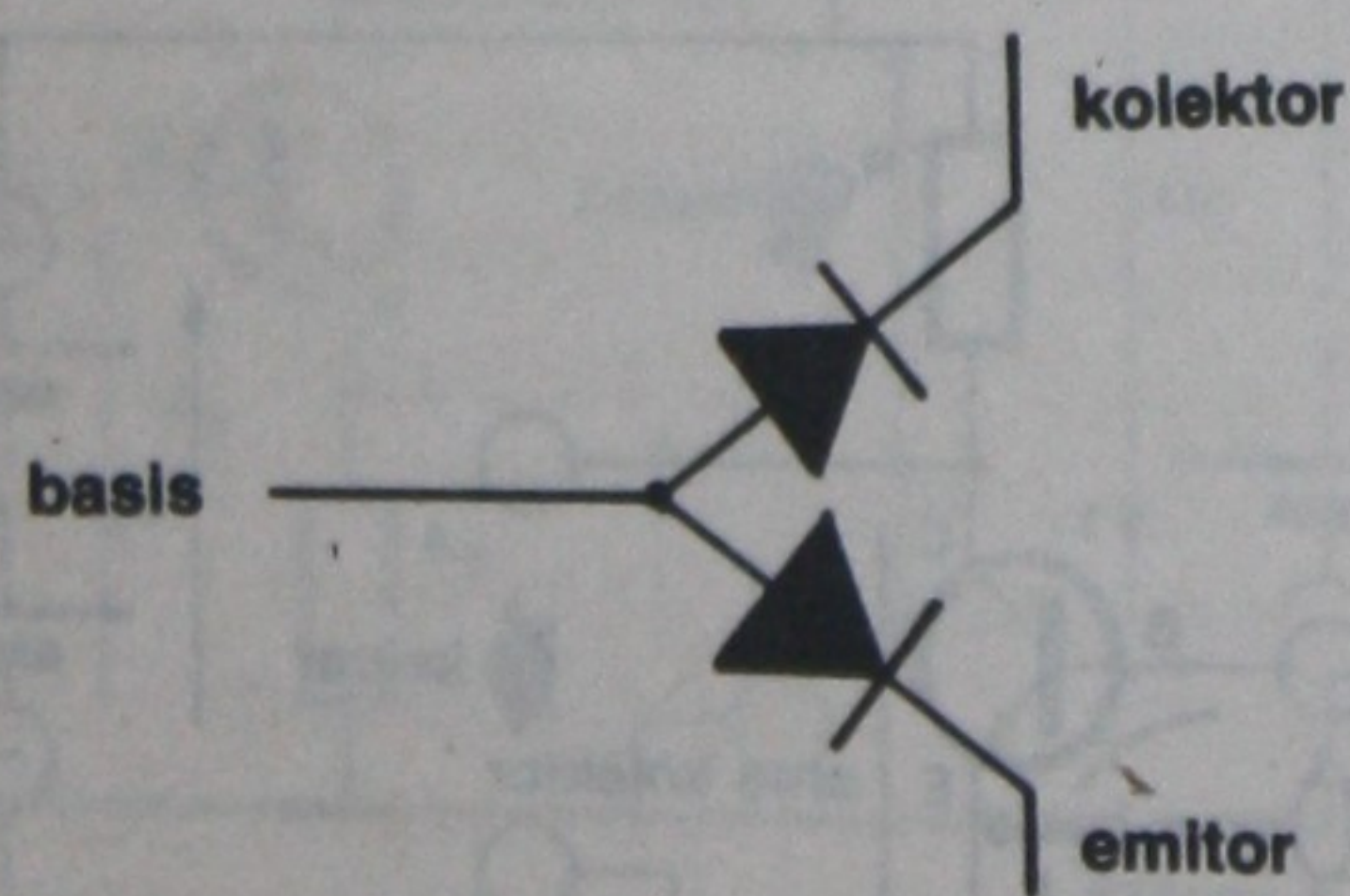
"Benar!"

"Tetapi lalu apakah perbedaan antara potensiometer dan transistor? Bukankah dengan potensiometer Anda juga dapat mengatur arus?"

"Ya, tetapi transistor mengerjakannya secara elektronis. Tidak ada suatu tombol atau lainnya. Sebagian besar transistor itu disusun dalam rumah-kecil sebesar kacang polong yang mempunyai tiga buah pena kecil."

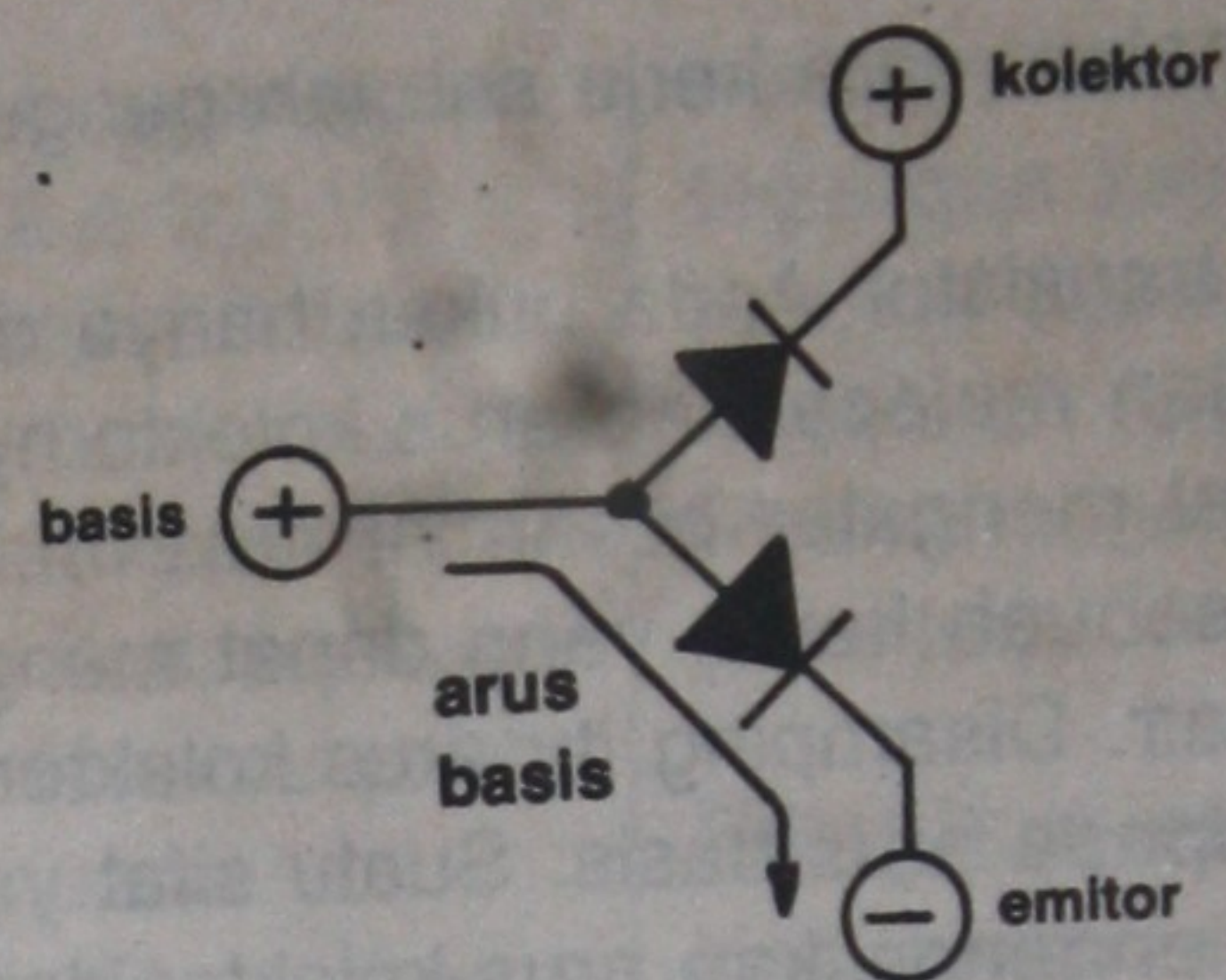
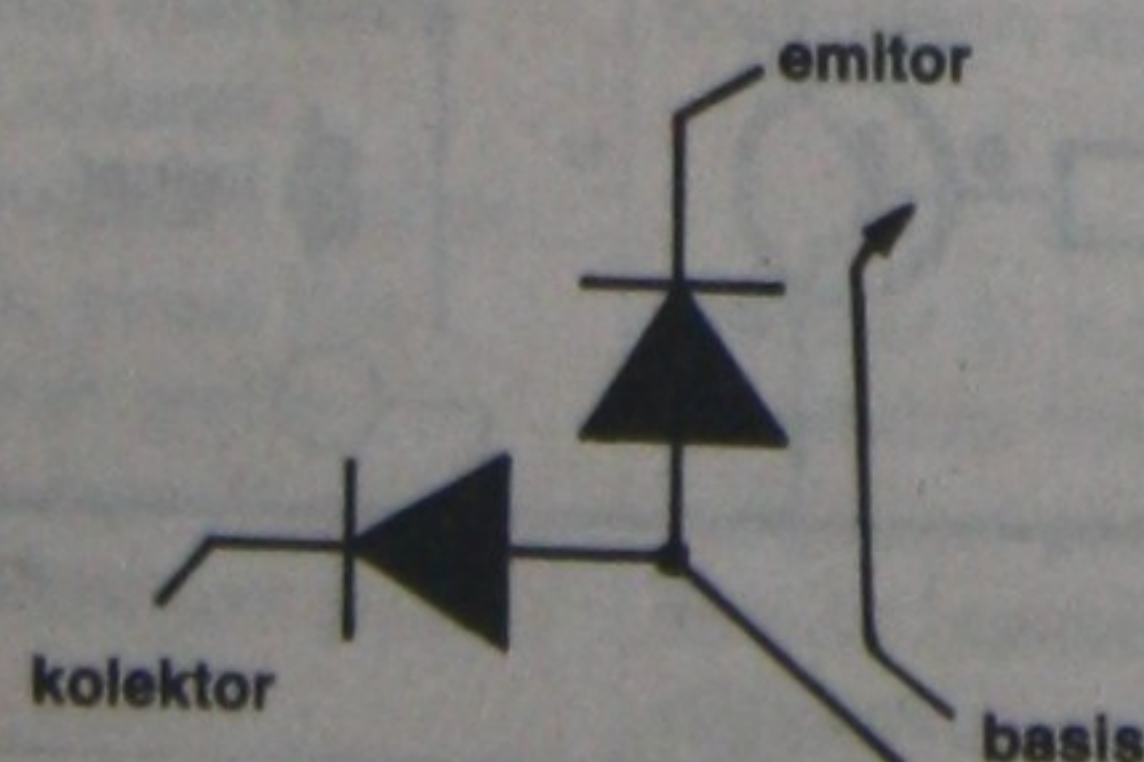
"Tiga buah pena? Jadi juga semacam potensiometer?"

"Tidak, tidak demikian, transistor dan potensiometer itu sama sekali tidak ada saling keterkaitannya antara yang satu dengan lainnya. Sebuah transistor terdiri dari dua buah dioda yang telah digabungkan dengan cara yang sangat khusus. Anda dapat menggambarkannya seperti ini."

kolektor
basis
emitor

"Bagaimana Anda dapat mengatur arus dengan menggunakan dua buah dioda?"

"Dengan dua buah dioda tentunya juga tidak dapat, tetapi dengan sebuah transistor hal itu dapat dikerjakan. Caranya adalah sebagai berikut: Anda mengirim arus melalui dioda di antara sambungan-sambungan basis dan emitor."

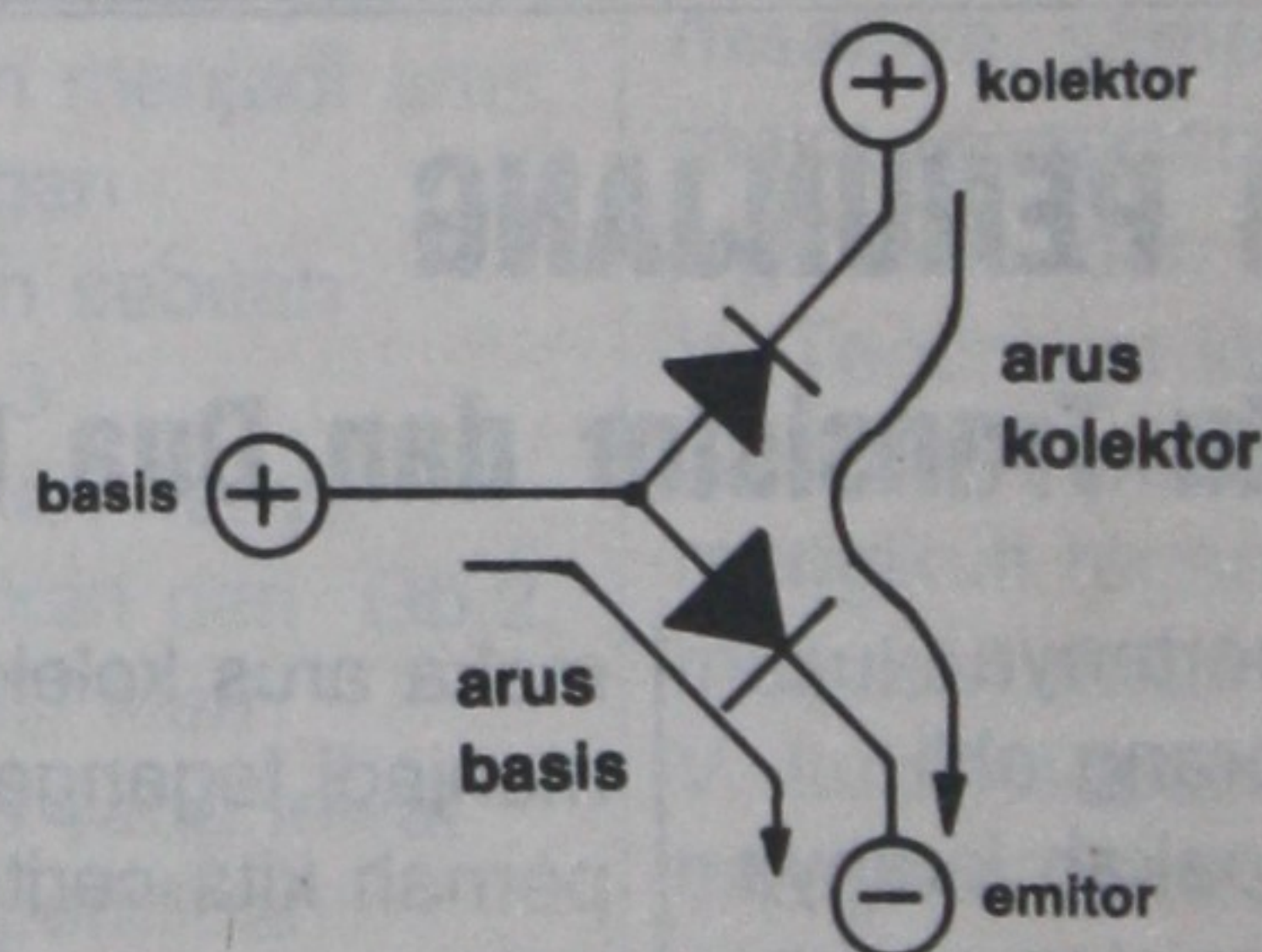
emitor
kolektor
basis

kolektor
basis
arus basis
emitor

"Tetapi dioda hanya akan menghantarkan arus bila Anda menghubungkan kutub baterai yang positif pada basis dan yang negatip pada emitor. Dan jangan terbalik."

"Bagus sekali."

"Bila Anda menghubungkan kolektor pada negatif baterai maka melalui dioda yang lain akan mengalir suatu arus. Hal itu memang terjadi, tetapi tidak ada artinya bagi Anda. Kolektor dapat dihubungkan dengan kutub positif. Pada keadaan demikian dioda yang teratas akan menyumbat arus!"

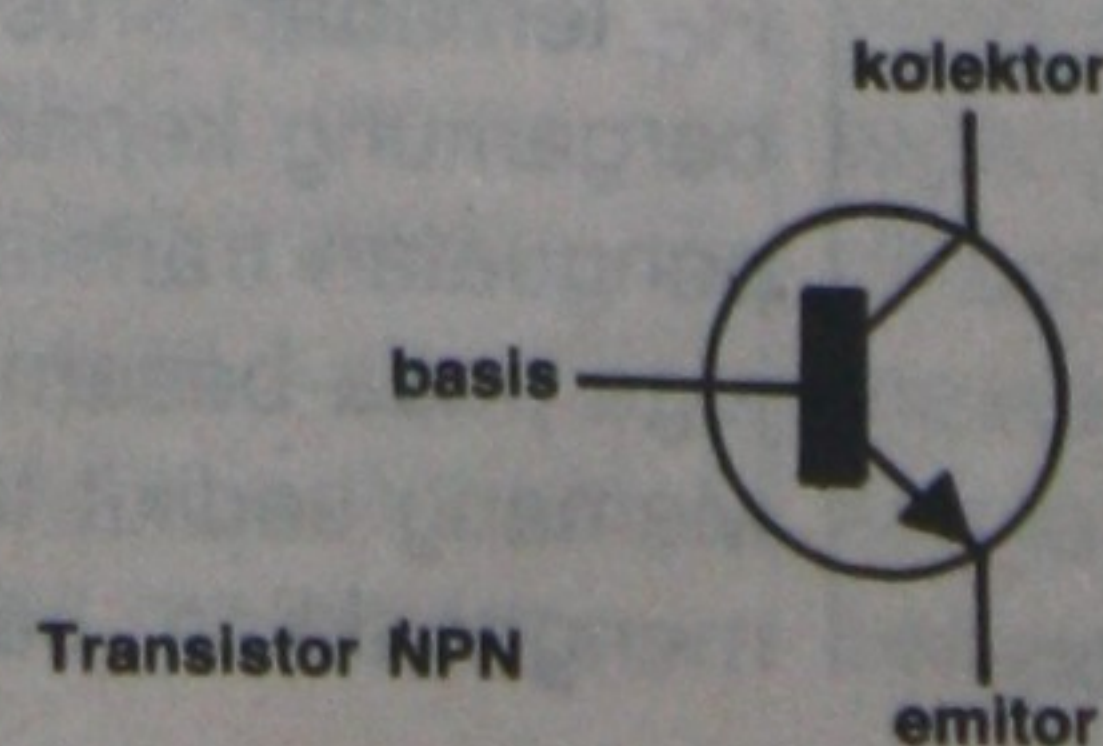
"Cobalah bersabar sedikit. Pada prinsipnya dioda yang teratas haruslah menyumbat, tetapi kedua buah dioda itu telah disambungkan dengan cara yang sangat khusus. Karena itu dioda yang terataspun tiba-tiba tidak akan menyumbat lagi bila Anda mengirim arus melalui dioda yang lain. Arus yang mengalir pada sambungan-basis seakan-akan menarik arus dari kolektor ke arah emitor."

kolektor
arus kolektor
basis
arus basis
emitor

"Sulit untuk dipercaya! Jadi arus pada basis mengakibatkan bahwa arus-kolektor dapat terus mengalir melalui dioda yang telah disambungkan menurut arah-menyumbat."

"Tepat sekali. Dan jika tidak ada lagi arus-basis yang mengalir maka dioda yang teratas akan merintanginya lagi. Maka arus-kolektorpun akan berhenti."

"Jadi apakah transistor demikian ini merupakan sejenis saklar yang dapat Anda sambung dan lepaskan dengan menggunakan arus-basis?"

"Benar, Anda dapat menggunakan sebuah transistor untuk maksud ini. Transistor mempunyai lambang tersendiri, sebab sebuah transistor bekerja dengan cara yang berlainan bila dibandingkan dengan dua buah dioda-dioda yang terpisah.

Beginilah lambangnya."

kolektor
basis
emitor
Transistor NPN

"Dan bagaimanakah cara kerja sebuah penguat-transistor?"

"Pada sebuah transistor Anda bukan hanya dapat menyambung dan melepaskan arus-kolektornya, tetapi Anda juga dapat mengatur besarnya arus itu. Sama halnya seperti sebuah keran yang dapat mengatur besarnya arus air. Disamping itu arus kolektor adalah jauh lebih besar daripada arus-basis. Suatu sifat yang menarik, karena untuk mengendalikan arus-kolektor dari 1 mA sudahlah cukup dengan menggunakan misalnya 2 uA (dua persejuta amper)."

"Jadi apakah transistor itu juga merupakan sejenis penguat arus?"

"Betul. Dan perbandingan antara arus-kolektor dengan arus-basis yang diperlukan untuk maksud itu, kita namakan faktor penguatan-arus. Jadi pada contoh yang baru saja diuraikan, besarnya penguatan-arus adalah 500 (1 mA dibagi oleh 2 uA)."

"Apakah sebuah penguat-stereo bekerja menurut prinsip ini?"

"Benar. Namun untuk keperluan itu banyak sekali dibutuhkan transistor-transistor dan komponen-komponen lainnya, sebelum Anda dapat berbincang-bincang mengenai sebuah penguat-hifi. Barangkali merupakan sesuatu yang bermanfaat bila Anda mulai mengamati dan mencari tahu rangkaian-rangkaian yang memakai transistor. ●

3. TEORI PENUNJANG

a. Satu Transistor dan Dua Resistor

Kalau Anda bertanya kepada seseorang ahli elektronika, apakah kiranya kegunaan transistor, maka siap-siaplah untuk mendengar daftar yang panjang tentang hal kemungkinan-kemungkinannya. Padahal transistor itu "hanyalah" suatu penguat arus. Keluwesan semikonduktor ini terletak dalam hal kemungkinannya untuk membentuk berbagai rangkaian bersama-sama dengan komponen-komponen elektronika yang lain. Di bawah ini kita membatasi diri dengan satu transistor dan satu atau dua resistor saja.

Rangkaian tunggal Emitor

Kalau dalam saluran kolektor kita beri resistor, maka arus kolektor diubah menjadi tegangan. Sudah pernah kita ceriterakan, bahwa arus basis mengemudikan arus kolektor. Dalam rangkaian tunggal emitor (Gb. 1) arus kolektor membangkitkan tegangan pada resistor kolektor R_C (C = kolektor). Kita simpulkan: arus-basis yang kecil diubah menjadi tegangan yang lebih besar pada R_C. Di samping itu, yang selalu berlaku pada transistor NPN, tegangan pada basis haruslah positif terhadap tegangan yang ada pada emitor. Berapa besarkah tegangan pada R_C terhadap arus basis, bergantung kepada faktor penguatan transistor dan juga pada besarnya R_C. Memang sedikit tidak mengenakkan, bahwa tegangan pada R_C itu berada di antara terminal kolektor dan plus tegangan catu. Karena itu dalam praktek hampir selalu yang dimanfaatkan adalah tegangan yang ada di antara kolektor dan min tegangan catu. Dengan cara ini, jalanmasuk dan jalankeluar memiliki satu titik bersama: saluran emitor (saluran min). Itulah sebabnya mengapa namanya; rangkaian tunggal emitor. Dengan memilih emitor sebagai terminal umum (milik bersama), maka kita memperoleh efek khas, yaitu: kalau arus basis membesar, maka tegangan di kolektor (yaitu tegangan keluaran) mengecil. Tegangan pada R_C menjadi dikurangkan dari tegangan catu U_b. Kalau arus basis mengecil, akibatnya adalah kebalikannya: arus kolektor mengecil, dan juga tegangan pada R_C mengecil, sehingga tegangan kolektor (jadi tegangan keluaran) membesar. Kita simpulkan: Tegangan keluaran = tegangan catu − (dikurang) tegangan pada R_C. Tak ada arus basis (basis tidak dihubungkan ke mana-mana), berarti pula bahwa tidaklah ada arus kolektor, bahwa tegangan pada R_C ada O V, dan bahwa tegangan keluaran menjadi sama besar dengan tegangan catu. Dalam hal ekstrim yang lain maka tegangan pada R_C akan sedemikian besar, sehingga tegangan kolektor menjadi O V. Dalam hal ini istilah tekniknya: transistor terkemudi hingga jenuh. Arus basis adalah sedemikian besar sehingga tegangan kolektor-emitor menjadi hampir O V.

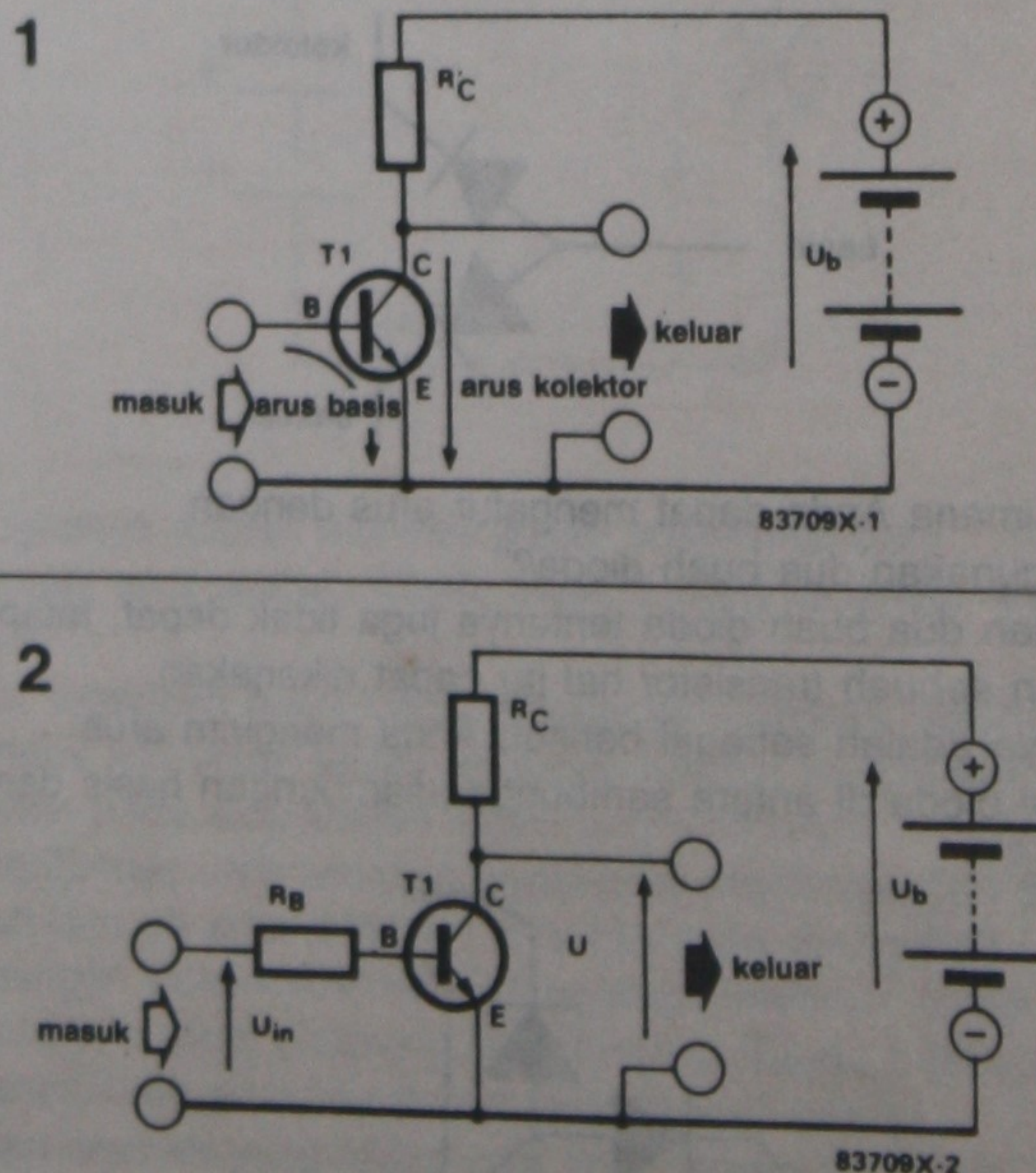
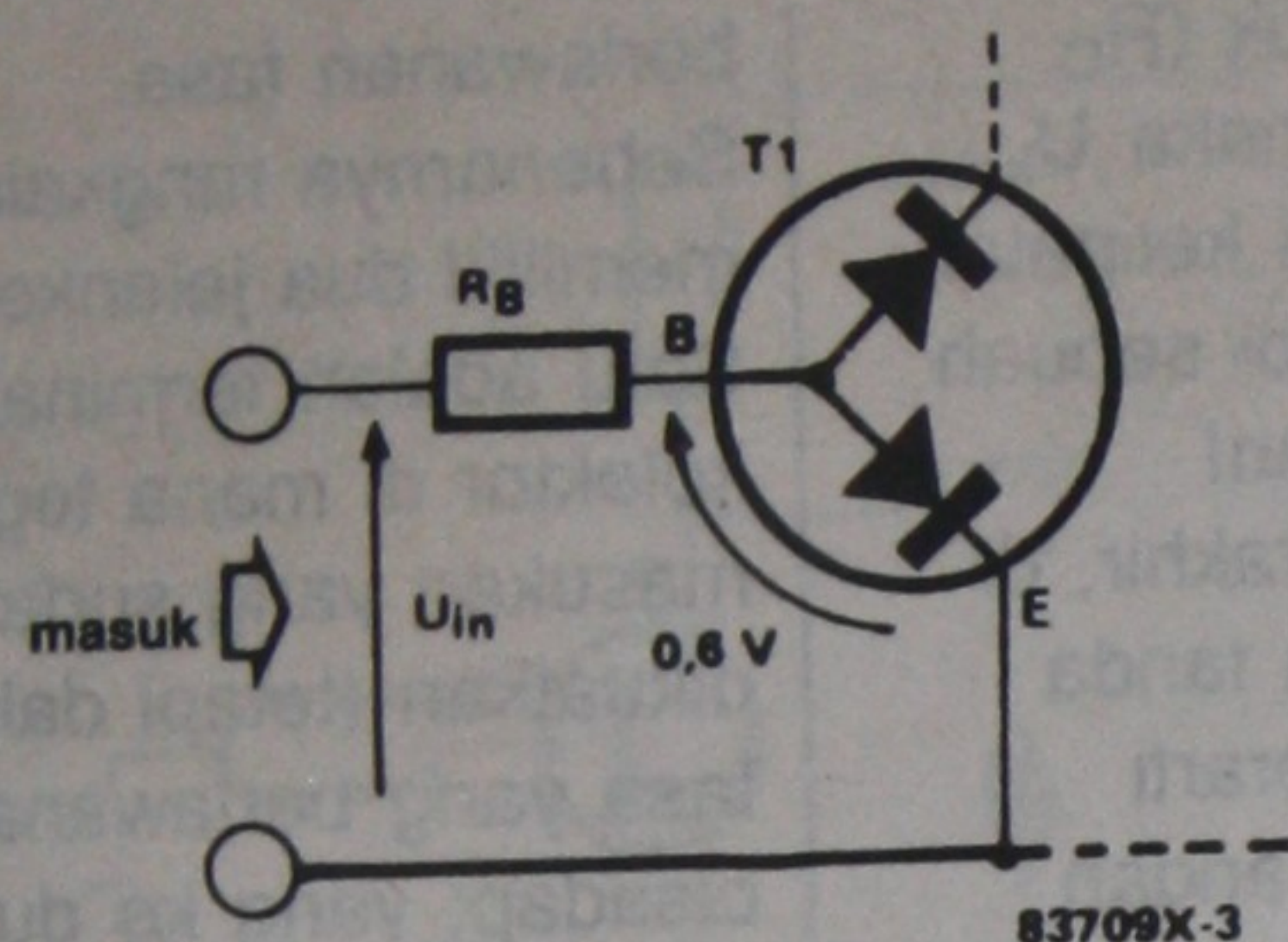
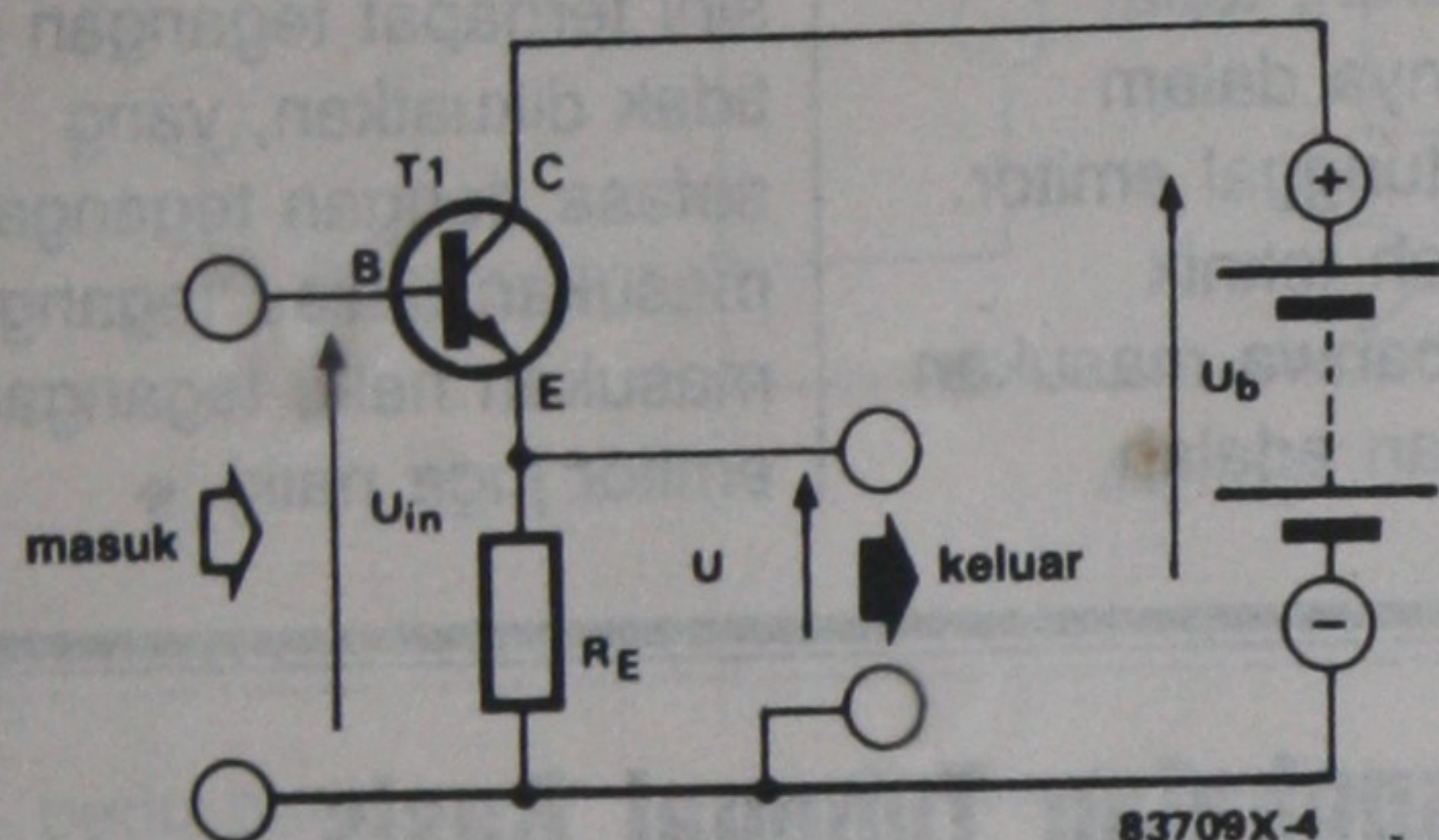
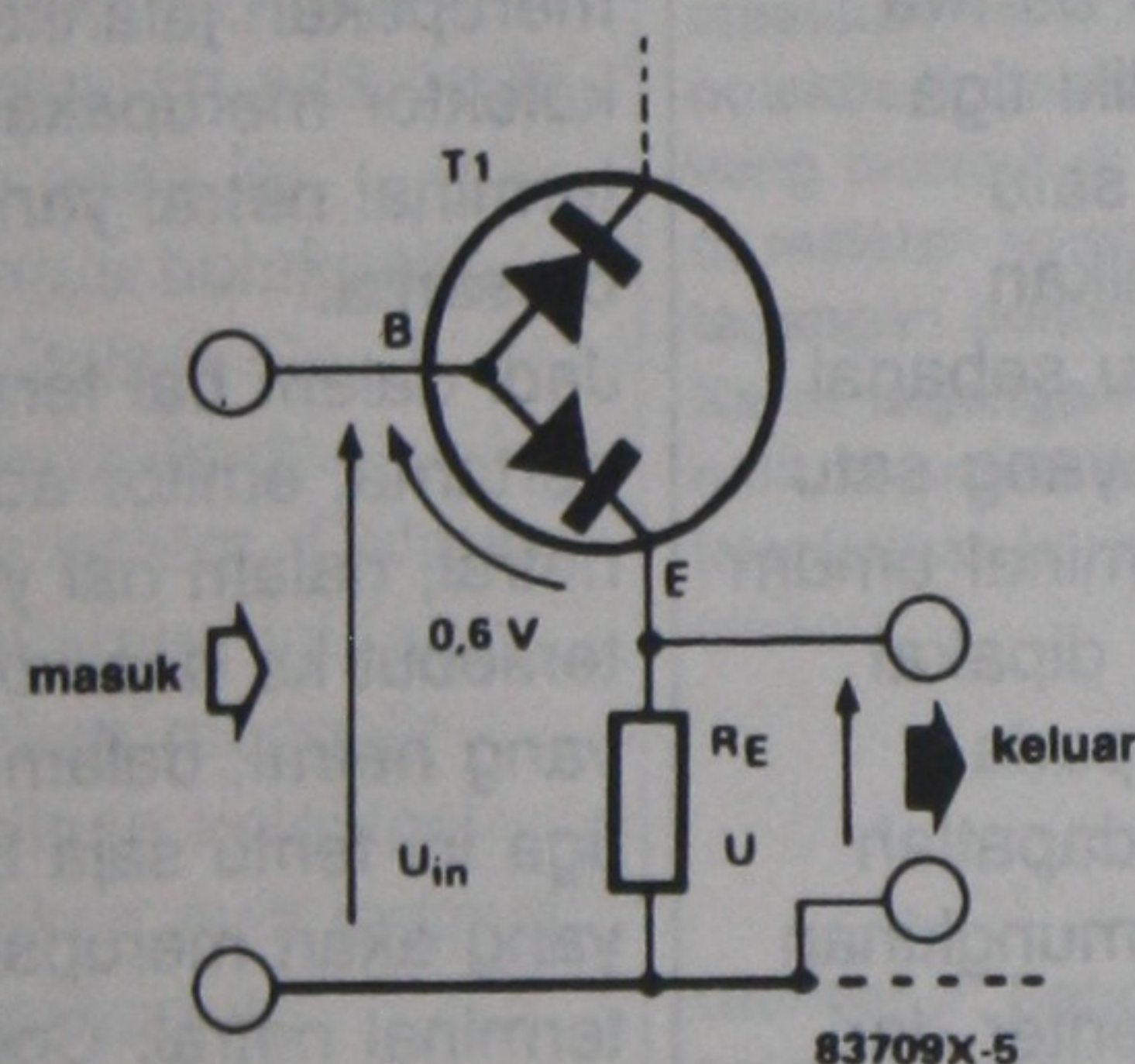
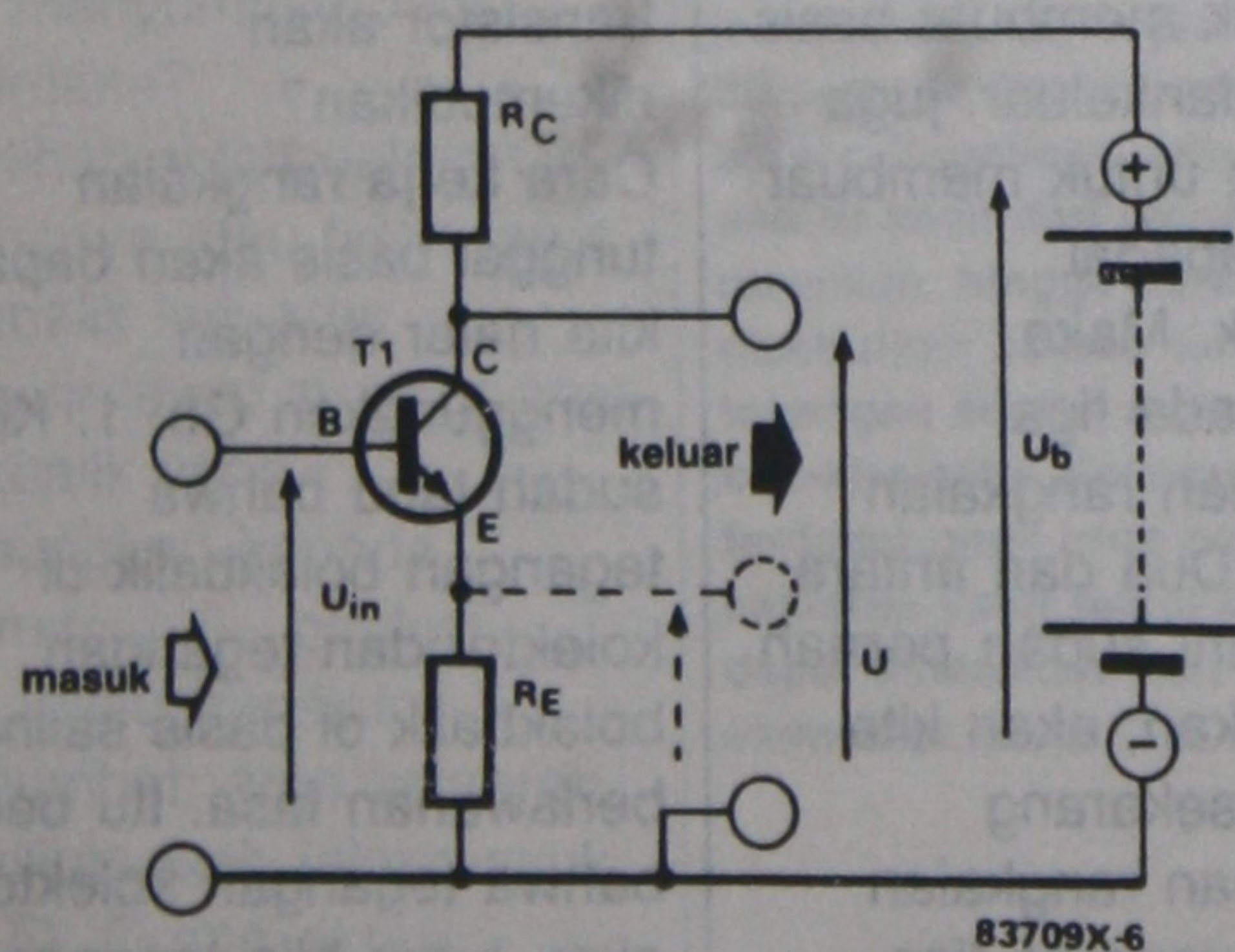
Gambar 1: Pada rangkaian tunggal emitor (jalankeluar dan jalanmasuk, dua-duanya, berkoneksi pada min dan emitor), arus basis membangkitkan arus kolektor yang oleh R_C diubah menjadi tegangan keluaran. Tegangan keluaran adalah tegangan catu dikurangi tegangan yang ada pada R_C.

Gambar 2: Rangkaian tunggal emitor sebagai penguat tegangan. Resistor basis R_B mengubah tegangan masukan menjadi arus basis.

1

R_C T1 B C E masuk arus basis arus kolektor keluar U_b 83709X-1

2

R_C R_B T1 B C E U masuk U_{in} keluar U_b 83709X-2

Gambar 3: Dari tegangan masukan, yang 0,6 V hilang pada peralihan basis-emitor.

Gambar 4: Kalau kita menaruh sebuah resistor di saluran emitor, lalu menggunakan emitor sebagai jalankeluar, maka kita memperoleh pengikut emitor. Tegangan keluaran mengikuti tegangan masukan dengan jarak 0,6 V.

Gambar 5: Selisih tegangan yang ada di antara jalanmasuk dan jalankeluar disebabkan oleh peralihan basis-emitor yang bertingkah sebagai dioda.

Gambar 6: Kombinasi antara rangkaian tunggal emitor dan rangkaian pengikut emitor. Emitor maupun kolektor dapat digunakan sebagai jalankeluar.

Dalam praktek, tegangan ini kira-kira 0,2 a 0,3 V; tidak akan menjadi lebih kecil.
Aneh, dan barangkali tidak begitu masuk akal, bahwa tegangan kolektor hanyalah bergantung kepada tegangan pada R_C (ditentukan juga oleh arus kolektor). Kalau harga resistor R_C kita ubah, maka tegangan kolektor pun berubah, tanpa transistornya sendiri dapat berbuat sesuatu.

Penguat tegangan

Rangkaian tunggal emitor di atas mengubah arus(-basis) menjadi tegangan (-kolektor). Dengan menambahkan satu resistor lagi, kita dapat membuat konvertor dari tegangan-ke-tegangan, atau sebuah penguat tegangan.
Tegangan masukan U_{in} (Gb.2) diubah menjadi arus (-basis), dengan menggunakan sebuah resistor. Gb. 3 memperlihatkan hanya bagian masukan dari Gb.2. Kian besar U_{in}, kian besarlah arus yang lewat resistor dan peralihan basis-emitor. Dalam Gb. 3 peralihan basis-emitor digambarkan sebagai dioda. Tegangan hantaran yang ada pada dioda itu perlu kita perhatikan.
Tegangan pada resistor basis adalah 0.6 V rendah ketimbang U_{in}. Menurut hukum Ohm, maka arus masukan (= arus basis I_B) adalah;

$$I_B = \frac{U_{in} - 0{,}6\ V}{R_B}$$

Dengan memanfaatkan arus basis, yang sudah dibentuk dari tegangan masukan oleh R_B, maka rangkaian bekerja persis seperti rangkaian tunggal emitor yang kita bicarakan di atas. Kalau tegangan masukan tinggi, maka tegangan keluarannya rendah. Karena itu rangkaian akan dapat juga dipakai sebagai penjungkir (invertor).

Pengikut emitor

Kemungkinan lain lagi untuk mengombinasikan transistor dengan hanya satu resistor adalah dalam rangkaian pengikut emitor, (Gb. 4). Guna menjelaskan cara kerja rangkaian ini, di sini pun kita gambarkan peralihan basis-emitor secara terperinci di Gb. 5, sebagai dioda. Kita misalkan saja bahwa tegangan masukan ada 2 volt. Karena tegangan hantaran pada peralihan basis emitor ada 0,6 V, maka tegangan keluaran pada R_E ada 1,4 V (yaitu 2 V — 0,6 V). Kalau tegangan masukan naik, misalnya, sampai 3 V, maka tegangan keluaran juga naik, dan menjadi 2,4 V. Tegangan keluaran (yang ada pada emitor) mengikuti tegangan masukan dalam jarak 0,6 V. Itulah sebabnya mengapa dinamai pengikut emitor. Namun sekarang timbul pertanyaan, apa manfaatnya transistor di sini, sebab ia tidak menguatkan tegangan. Di sini transistor mengeluarkan arus bagi R_E dan bagi jalankeluar (kalau pada jalankeluar ini dihubungkan sesuatu).
Rangkaian ini dipakai, bila sebuah sumber tegangan yang lemah (artinya sumber tegangan yang tidak mampu mengeluarkan arus besar) perlu diminta untuk mengeluarkan arus yang lebih besar, tanpa tegangannya sendiri perlu dikuatkan. Resistansi masukan rangkaian ini sangat besar. Ini berarti bahwa sumber tegangan

yang dihubungkan kepada jalanmasuknya hanya perlu mengeluarkan arus (-basis) sangat kecil saja; sebab transistor sendiri yang akan menguatkan arus ini. Dengan demikian jalankeluar dapat mengeluarkan arus yang jauh lebih besar tanpa membikin tegangannya merosot jauh. Hanya perlu diperhitungkan bahwa tegangan keluaraan selalu 0,6 V kecil dari tegangan masukan.

Sebuah penguat tegangan lagi

Kita akan dapat mengombinasikan rangkaian di Gb. 1 dengan yang di Gb. 4, dan memperoleh rangkaian seperti di Gb. 6. Dengan cara ini kita tetap mempertahankan keunggulan resistansi masukan yang tinggi yang ada pada pengikut emitor sambil mengatasi kekurangan dalam hal "penguatan tegangannya", sebab rangkaian Gb.6 itu dapat juga bekerja sebagai penguat tegangan. Sebagaimana sudah dikemukakan dalam hal pengikut emitor di atas, pada resistor emitor R_E terdapat tegangan:

$$U_E = U_{in} - 0{,}6\ V$$

Dengan menerapkan hukum Ohm, dapatlah kuat arus emitor kita ketemukan:

$$I_E = \frac{U_E}{R_E}$$

Atau dalam kata-kata: kuat arus emitor ditentukan oleh resistor emitor dan tegangan emitor, sedangkan tegangan emitor itu ditentukan oleh tegangan masukan.

$$I_E = \frac{U_{in} - 0{,}6\ V}{R_E} \approx I_C$$

Rumus ini menyatakan bahwa I_E adalah kira-kira sebesar I_C (arus kolektor). Arus emitor adalah jumlahan arus basis dan arus kolektor. Karena arus basis sangat kecil dari arus kolektor (<1%, bergantung kepada faktor penguatan-arus), maka kita pun dapat berkata bahwa arus kolektor kira-kira sama besar dengan arus emitor. Gb.7 menjelaskan kejadian ini sekali lagi. Untuk apa pula tambahan itu? Rumus yang terakhir menyatakan bahwa arus kolektor I_C bergantung kepada tegangan masukan U_{in}. Dalam rangkaian tunggal emitor sudah kita kemukakan bahwa tegangan pada R_C (atau juga tegangan pada kolektor), ditentukan pula oleh arus kolektor.

$$U_{keluar} = U_C = U_b - R_C \cdot I_C$$

Karena tegangan keluaran bergantung kepada arus kolektor, sedangkan arus kolektor ini ditentukan oleh tegangan masukan, U_{in}, maka kita pun dapat juga berkata bahwa U_{keluar} dikemudikan oleh U_{in}. Dengan memilih harga-harga yang cocok (R_C besar dari R_E) maka U_{keluar} akan merupakan kelipatan dari U_{in}. Nah, jadi sebuah penguat tegangan! Dalam rumus terakhir, di depan $R_C \cdot I_C$ ada tanda kurang (-). Ini berarti bahwa kalau tegangan masukan naik, tegangan keluaran turun, tepat seperti halnya dalam rangkaian tunggal emitor. Dalam istilah teknik dikatakan bahwa masukan dan keluaran adalah berlawanan fasa. Sebenarnya rangkaian ini memiliki dua jalankeluar. Satu adalah terminal kolektor di mana tegangan masukan yang sudah dikuatkan (tetapi dalam fasa yang berlawanan) disadap; yang ke dua adalah terminal emitor. Di sini terdapat tegangan yang tidak dikuatkan, yang sefasa dengan tegangan masukan (kalau tegangan masukan naik, tegangan emitor juga naik). •

7

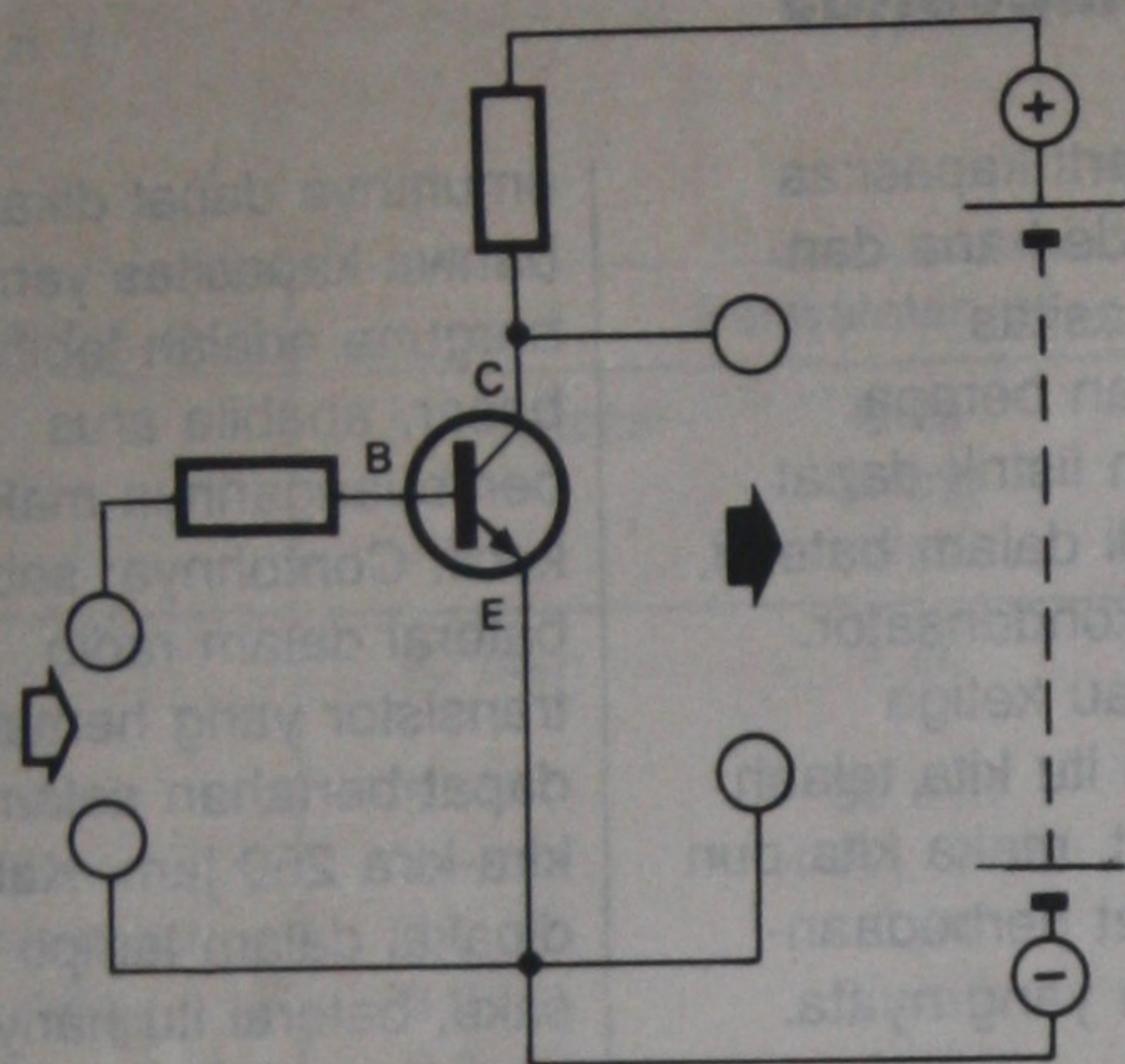
Gambar 7: Pada transistor yang memiliki faktor penguatan-arus besar, maka selisih antara arus emitor dan arus kolektor dapatlah, dalam praktek, diabaikan.

b. Rangkaian Tunggal Basis

Kita sudah tahu bahwa transistor memiliki tiga terminal. Kalau satu terminal kita jadikan jalanmasuk, satu sebagai jalankeluar dan yang satu lagi sebagai terminal umum yang netral dan dipakai bersama maka pada dasarnya akan dapatlah dibuat enam kemungkinan rangkaian elementer dari satu transistor. Tidaklah lazim untuk membuat basis sebagai jalankeluar, juga tidak lazim untuk membuat kolektor sebagai jalanmasuk. Maka tinggallah ada tiga kemungkinan rangkaian transistor. Dua dari antara yang tiga ini sudah pernah kita bicarakan; akan kita bicarakan sekarang kemungkinan rangkaian elementer yang ke tiga. Pada rangkaian tunggal emitor, basis merupakan jalanmasuk, kolektor jalankeluar, dan emitor merupakan terminal bersama yang netral. Rangkaian ini, lihat Gb. 1, bekerja sebagai penguat tegangan. Juga dalam hal rangkaian tunggal kolektor (Gb. 2) basis pun merupakan jalanmasuk, tetapi di sini emitorlah yang merupakan jalankeluar, dan kolektor merupakan terminal netral yang dipakai bersama.
Jadi dalam hal tersebut pertama, emitor adalah netral, dalam hal yang tersebut ke dua kolektor yang netral; dalam hal ke tiga ini tentu saja basis yang akan merupakan terminal netral. Cocok. Nah, bagaimanakah transistor akan dikemudikan?
Cara kerja rangkaian tunggal basis akan dapat kita nalar dengan menggunakan Gb. 1. Kita sudah tahu bahwa tegangan bolakbalik di kolektor dan tegangan bolakbalik di basis saling berlawanan fasa. Itu berarti bahwa tegangan kolektor akan turun bila tegangan basis naik. Sekarang tukarlah koneksi-koneksi yang ada di Gb. 1 secara sedemikian hingga terjadi Gb. 3. Sekarang basis netral, dan emitor merupakan jalanmasuk yang "panas".
Apakah Anda melihat bahwa titik nol umum tidak lagi berimpit dengan terminal min tegangan catu? Memang tidaklah

1

84716X-1

2

84716X-2

selalu perlu begitu. Nampak lebih mengherankan lagi bahwa terminal keluaran ada pada basis. Lalu akan ke manakah arus bolakbalik keluaran? Dalam Gb. 1 arus itu mengalir dari kolektor ke emitor. Dalam hal kita sekarang ini, arus tentunya akan mengalir lewat peralihan kolektor/basis; ini akan sulit jadinya, sebab peralihan itu bertingkah sebagai dioda yang menyumbat. Jadi bagaimana? Diperlihatkanlah dalam Gb. 4. Percaya atau tidak, arus bolakbalik keluaran mengalir lewat sumber arus bolakbalik yang dihubungkan kepada jalanmasuk (– emitor). Juga kalau transistor menyumbat, arus keluaran dihasilkan oleh jalanmasuk (Gb. 5). Orang akan bertanya, apakah gunanya rangkaian semacam ini. Sebab tidak terjadi penguatan arus, karena sumber arus bolakbalik di jalanmasuk harus menghasilkan arus bolakbalik keluaran *dan* juga arus bolakbalik basis. Karena yang disebut terakhir jauh lebih kecil dari yang disebut pertama, maka kita dapat berkata

Gambar 1: Rangkaian tunggal emitor adalah sebuah penguat tegangan. Tegangan bolakbalik masukan membangkitkan arus bolakbalik basis yang dikuatkan, yang muncul di jalankeluar dan di resistor kolektor menghasilkan tegangan bolakbalik keluaran. Kalau tegangan di jalanmasuk naik, turunlah tegangan di jalankeluar (antara kolektor dan emitor).

Gambar 2: Rangkaian tunggal kolektor; lazim disebut pengikut emitor. Emitor merupakan jalankeluar. Tegangan bolakbalik keluaran terdapat pada resistor emitor. Tegangan keluaran sedikit kecil dari tegangan masukan, hingga boleh disebutkan bahwa penguatan tegangan adalah sama dengan kira-kira satu. Keunggulannya terdapat pada arus bolakbalik keluaran yang relatif besar yang dapat dihasilkan oleh rangkaian elementer ini.

Gambar 3: Rangkaian tunggal basis. Rangkaian ini terbentuk, kalau dalam Gb. 1 koneksi basis dan koneksi emitor saling ditukar.

Gambar 4: Arah garis putus-putus menyatakan bahwa, kalau transistor sedang menghantar, arus bolakbalik keluaran dihasilkan oleh sumber tegangan bolakbalik yang ada di jalanmasuk.

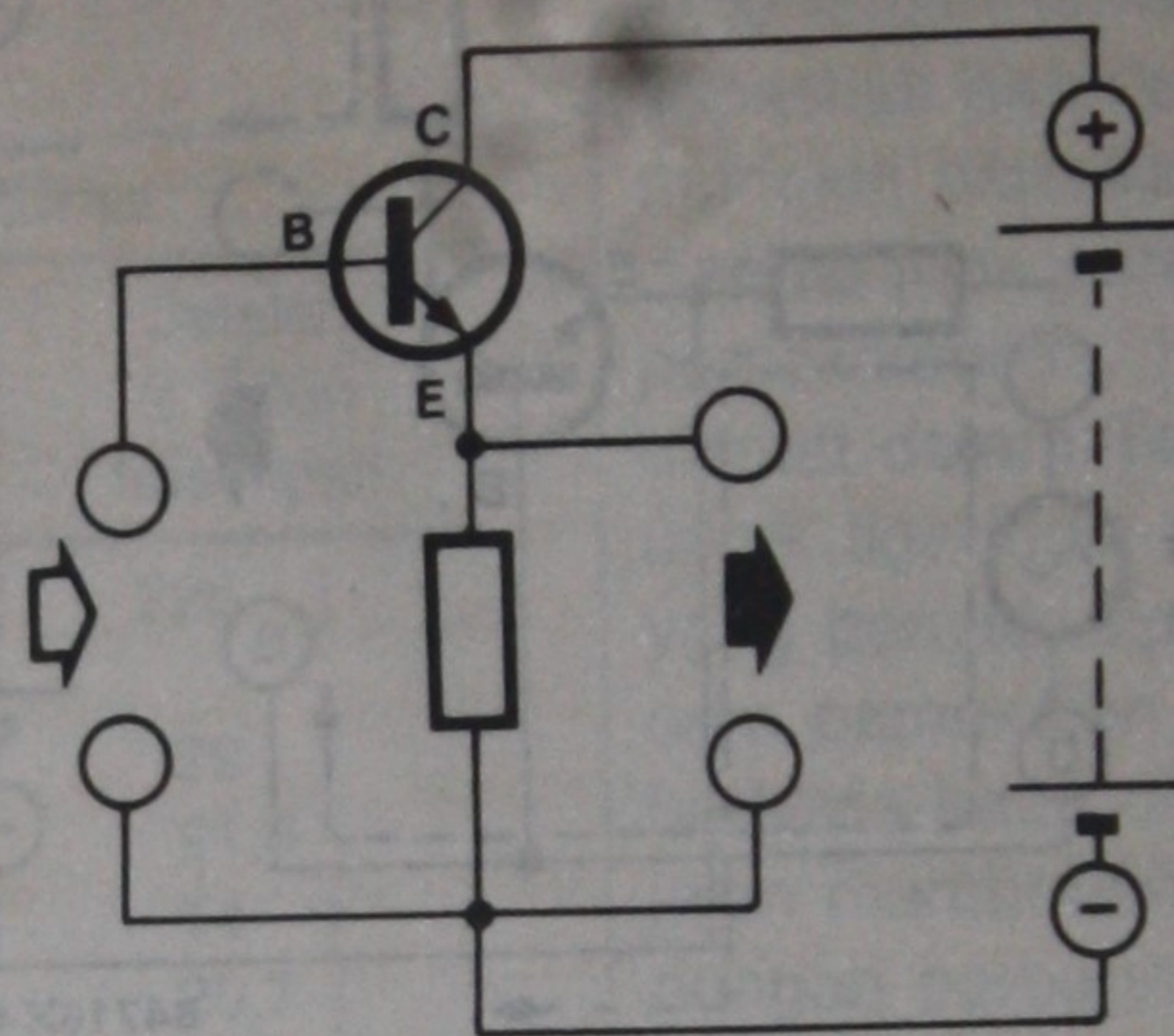
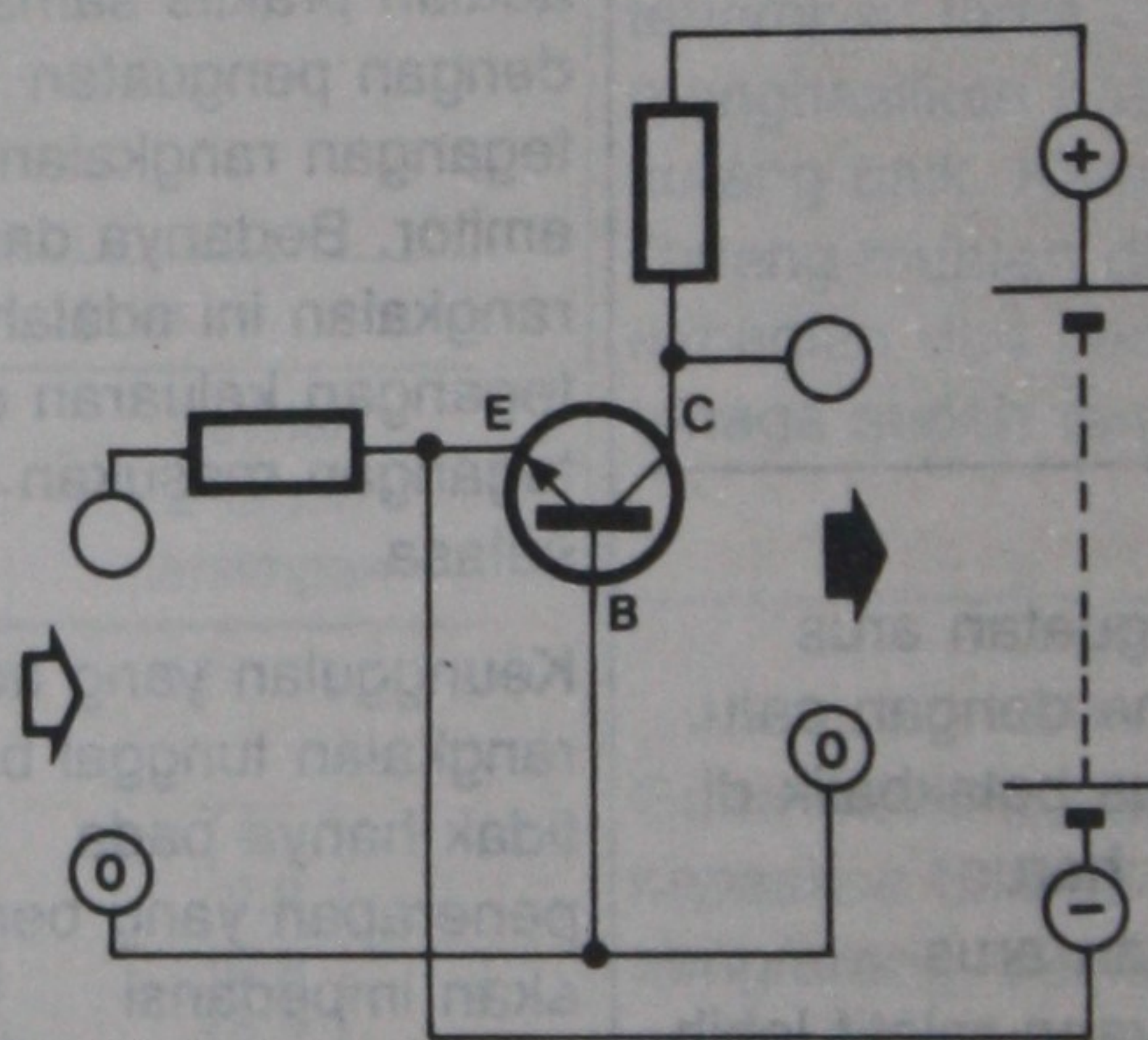
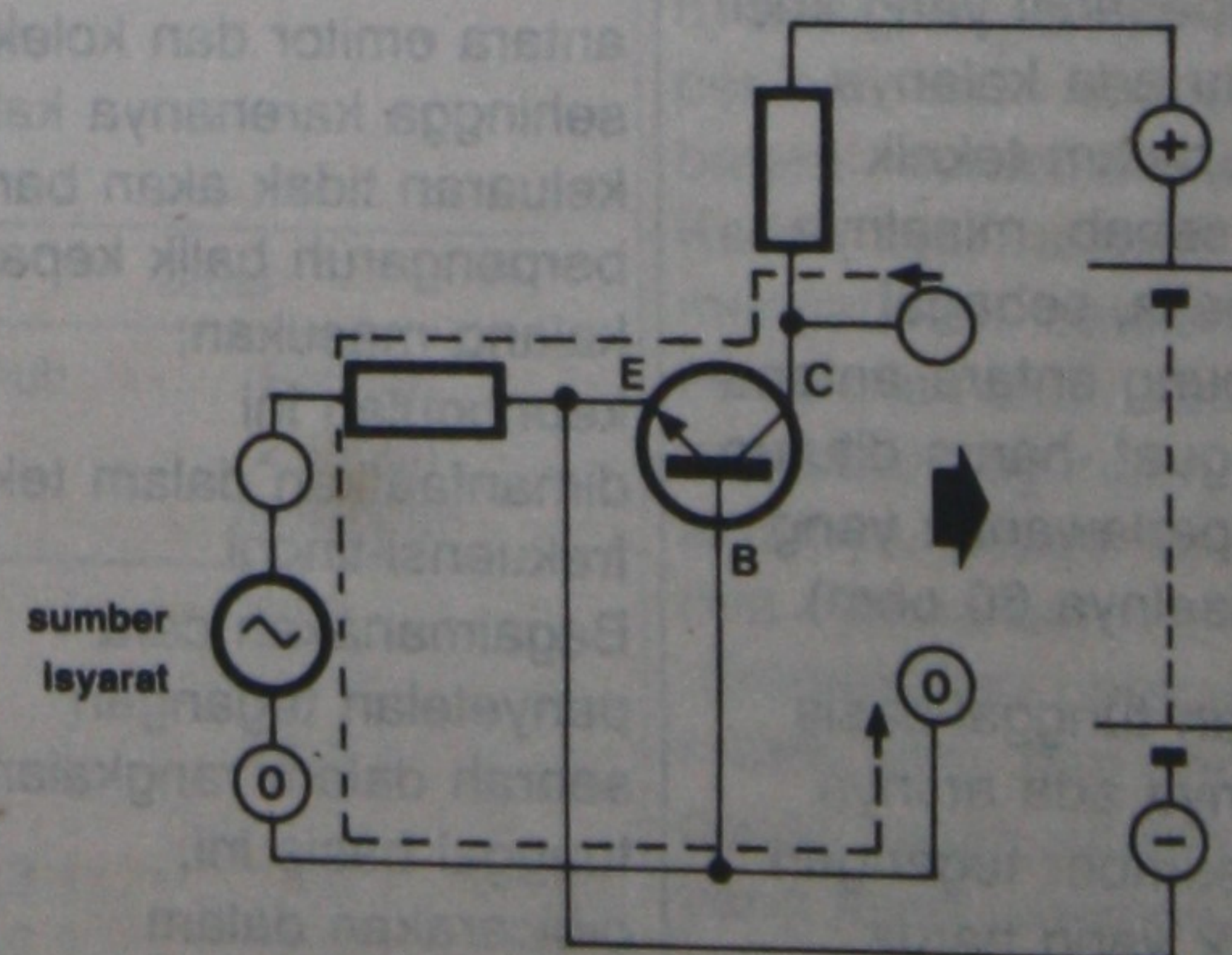
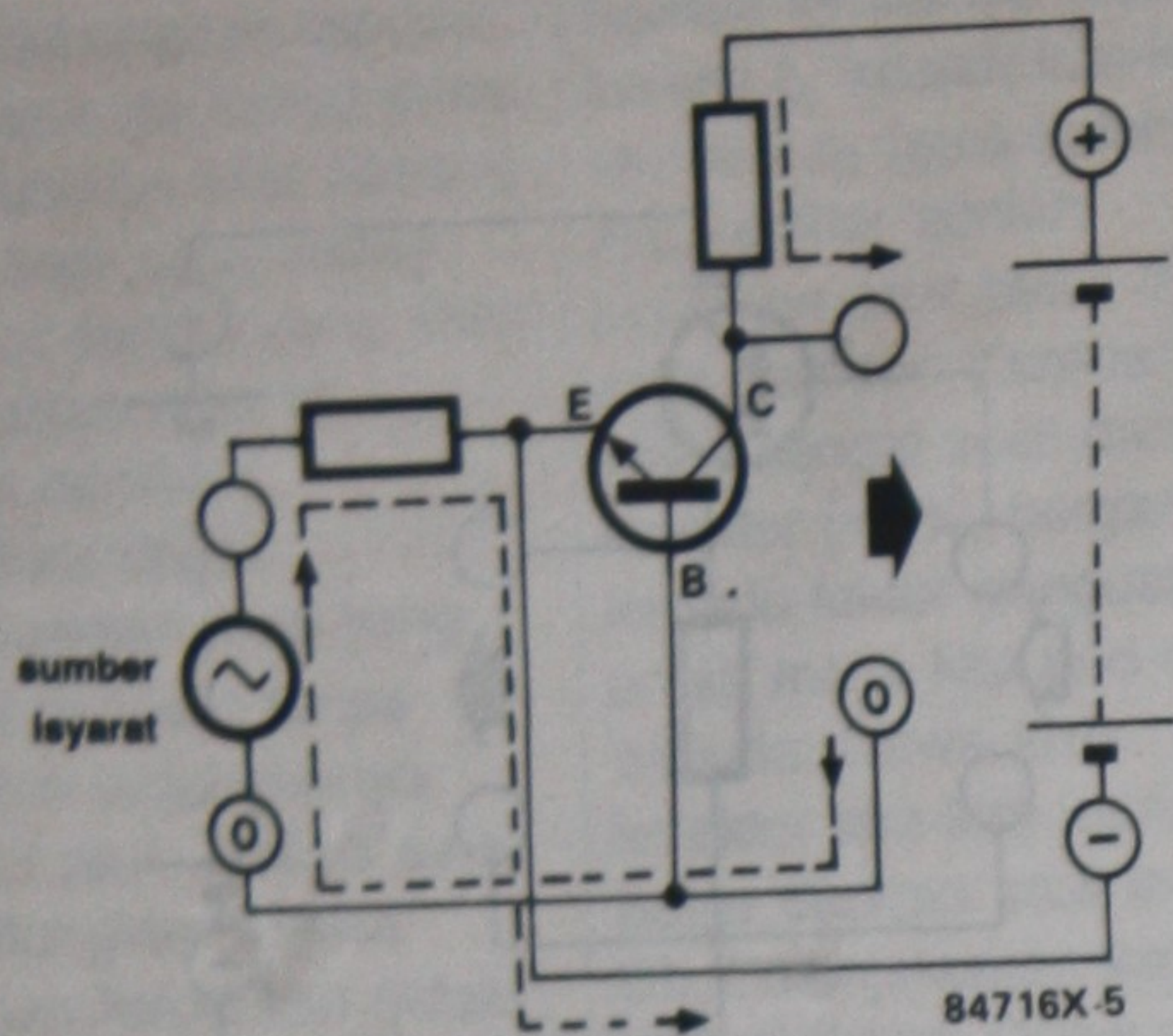
3

84716X-3

4

sumber isyarat

84716X-4

5

Gambar 5: Juga kalau transistor menyumbat pun, arus keluaran mengalir lewat jalanmasuk.

bahwa penguatan arus adalah sama dengan satu. Sumber arus bolakbalik di jalanmasuk harus menghasilkan arus bolakbalik yang relatif lebih besar. Seakan-akan sumber arus bolakbalik dibebani dengan perlawanan yang lebih kecil. Karena itu orang teknik berkata bahwa impedansi masukannya kecil. Impedansi yang kecil seperti itu ada kalanya berguna dalam teknik antena, sebab, misalnya, kabel koaks, sebagai penghubung antara antena dan penguat, harus ditutup dengan perlawanan yang kecil (misalnya 60 ohm).

Rangkaian tunggal-basis akan hanya ada artinya apabila sumber tegangan bolakbalik yang harus dikuatkan mampu menghasilkan keluaran arus bolak balik.

Penguatan tegangan rangkaian tunggal basis adalah praktis sama dengan penguatan tegangan rangkaian tunggal emitor. Bedanya dari rangkaian ini adalah bahwa tegangan keluaran dan tegangan masukan adalah sefasa.

Keunggulan yang ada pada rangkaian tunggal basis tidak hanya pada penerapan yang berguna akan impedansi masukannya yang kecil (sebagai halnya kabel koaks tadi, dan juga rangkaian pencampur yang akan dibicarakan dalam kesempatan lain), tetapi juga kenyataan bahwa basis merupakan sekatan antara emitor dan kolektor, sehingga karenanya kalang keluaran tidak akan banyak berpengaruh balik kepada kalang masukan; keunggulan ini dimanfaatkan dalam teknik frekuensi-tinggi. Bagaimanakah cara penyetelan tegangan searah dalam rangkaian tunggal basis ini, dibicarakan dalam kesempatan lain, yaitu dalam pembicaraan kita tentang pencampur. ●

c. Kapasitas

Sepintas arti kapasitas adalah sederhana dan jelas. Kapasitas menyatakan berapa banyakkah listrik dapat ditimbun di dalam baterai, aki, atau kondensator. Tetapi kalau ketiga komponen itu kita telaah lebih lanjut, maka kita pun lalu melihat perbedaan-perbedaan yang nyata.

AKI

Pada aki mobil ada angka-angka yang menyatakan kapasitas aki, misalnya 44 Ah (Ah = ampere-jam). Dari dimensi ampere-jam kita dapat menyimpulkan bahwa aki akan dapat mengeluarkan arus kecil dalam waktu lebih lama ketimbang kalau ia mengeluarkan arus besar. Arus sebesar 10 A dapat dikeluarkan olehnya selama waktu 4,4 jam; tetapi arus 1 A dapat dikeluarkannya selama 44 jam.
Kesimpulan: dengan mengalikan banyaknya ampere-jam dengan tegangan, maka kita perolehlah tenaga listrik yang tersimpan di dalam aki. Dalam aki mobil 12 V/ 44 Ah dapat tersimpan tenaga listrik kira-kira 12 x 44 Ah = 528 VAh = 528 Wh.

Baterai

Pada baterai yang habis-pakai-dibuang, yaitu apa yang disebut elemen-elemen primer, keadaannya sedikit lebih rumit. Pada baterai ini kita pun dapat mengukur, berapa besarkah arus yang dapat dihasilkannya selama jangka waktu tertentu, namun hasilnya sangat bergantung pada cara dipergunakannya baterai yang bersangkutan. Pada umumnya dapat dikatakan, bahwa kapasitas yang berguna adalah lebih besar, apabila arus pembuangannya makin kecil. Contohnya: sebuah baterai dalam radio transistor yang hemat akan dapat bertahan selama kira-kira 250 jam. Kalau dipakai dalam lampu senter saku, baterai itu hanya bertahan 23 jam. Kenyataannya lampu memakan arus sepuluh kali lebih besar ketimbang radio; karena itu seharusnya ia bertahan selama 25 jam. Waktu-waktu senjang yang lama di sela-sela pemakaian juga memperpanjang umur baterai. Yang menentukan kapasitas baterai adalah arus pembuangan minimal. Tegangan yang ada pada baterai seng/arang lumrah adalah mula-mula 1,5 V. Selama dipakai, tegangan ini turun dengan cepat.

Jadi dalam peralatan yang masih mau bekerja dengan tegangan-tegangan kecil, baterai dapat berumur lebih panjang. Bagi peralatan ini baterai memiliki kapasitas lebih besar, dengan dimisalkan bahwa pada lampu senter tersebut tegangan masih boleh turun hingga 0,9 V (setiap sel).

Kalau baterai-baterai tersebut dipakai dalam perekam kaset yang memerlukan arus sama besar dengan lampu, namun tegangan tidak boleh lebih kecil dari 1 V, maka umur baterai akan hanya 16 jam, tidak lagi 23 jam! Dengan demikian akan menguntungkan, kalau baterai yang sudah tidak dapat dipakai dalam perekam kaset kita

Baterai 1,5 V
Ukuran D

Tabel 1

Kegunaan	Persyaratan uji			Umur	
	resistansi	lama buang arus	tegangan akhir	penuh	Setelah 2 tahun tersimpan
radio transistor	40 ohm	4 j/h	0,9 v	250 j	225 j
senter saku	5	30 m/h	0,9 V	32 j	29 j
senter saku	4	4 m/j; 8 j/h	0,9 V	24,2 j	21,8 j
perekam kaset	3,9	1 j/h	1,0 V	16 j	14 j
senter saku	3,9	30 m/h	0,9 V	32 j	20,7 j
mainan	2,2	1 j/h	0,8 V	9,5 j	8,3 j
senter saku	2,2	4 m/j; 8 j/h	0,9 V	10,9 j	9,8 j
alat-cukur, sikat gigi listrik, dll.	2,2	5 m/h	0,9 V	12,8 j	11,5 j

d = detik; m = menit; j = jam; h = hari

Baterai 1,5 V
Ukuran C

Kegunaan	Persyaratan uji			Umur	
	resistansi	lama buang arus	Tegangan akhir	Penuh	Setelah 2 tahun tersimpan
radio transistor	75 ohm	4 j/h	0,9 v	190 j	171 j
senter saku	39	4 j/h	0,9 V	86 j	77 j
senter saku	6,8	1 j/h	1,0 V	11 j	9,9 j
perekam kaset	5,6	30 m/h	0,9 V	12 j	10,8 j
senter saku	5	10 m/h	0,9 V	14,1 j	12,7 j
mainan	3,9	1 j/h	0,8 V	5,5 j	4,9 j
senter saku	3,9	10 m/h	0,9 V	8,8 j	7,9 j
alat-cukur, sikat gigi listrik, dll	2,2	5 m/h	0,9 V	4,6 j	4,1 j

d = detik; m = menit; j = jam; h = hari

Baterai 9 V

Kegunaan	Persyaratan uji			Umur	
	resistansi	Lama buang arus	Tegangan akhir	Penuh	Setelah 2 tahun tersimpan
radio transistor	900 ohm	4 j/h	5,4 V	47 j	39,9 j
radio transistor	620	2 j/h	5,4 V	30 j	25,5 j
perekam kaset	180	1 j/h	5,4 V	5,3 j	4,5 j
kalkulator	180	30 m/h	4,8 V	8,7 j	7,4 j

d = detik; m = menit; j = jam; h = hari

gunakan dalam lampu senter.

Keterangan tentang kapasitas baterai hanya mungkin diberikan, apabila disertai juga cara-cara pemakaiannya. Hal ini dimuat dalam Tabel 1 untuk tiga jenis tipe baterai yang banyak dipakai. Cara-cara pemakaian yang berbeda-beda ditiru dengan jalan membebani baterai dengan berbagai resistor-beban selama beberapa perioda yang terputus-putus, sepanjang satu hari. Dalam pekerjaan itu dituruti norma-norma IEC. Lajur terakhir dalam tabel mengemukakan, bahwa baterai yang disimpan terlampau lama menghasilkan hasil yang kurang baik. Karena terjadi "buang-muatan diri" maka sebagian dari persediaan tenaga sudah terpakai.

Guna menentukan kapasitas baterai-baterai seng/arang, sel-selnya setiap hari, untuk beberapa lama, diberi beban berupa resistansi. Resistansi ini menggantikan senter saku, radio, dan lain sebagainya. Lajur ke tiga dalam tabel di atas mengemukakan banyaknya jam per hari (j/h) atau banyaknya menit per hari (m/h) selama baterai membuang arus. Kedua lajur terakhir menyatakan, setelah berapa lamakah baterai mencapai tegangan akhirnya. Dalam lajur ke dua dari kanan dikemukakan baterai yang masih baru, dan pada lajur paling kanan adalah baterai yang telah tersimpan selama 2 tahun, sebelum dilakukan pengujian.

Kondensator

Pada kondensator juga dikenal kapasitas. Tetapi pernyataan ampere-jam akan tidak ada artinya, sebab banyaknya listrik yang tersimpan (muatan) bergantung kepada tegangan muatan. Kian tinggi tegangan muatan, makin besar pula muatan yang tersimpan. Kapasitas kondensator tidaklah dinyatakan dalam ampere-jam, melainkan dalam farad (F). Sebenarnya satuan ini merupakan banyaknya ampere-jam per volt, lebih tepat:

$$1\ F = \frac{1}{3600} \cdot \frac{1\ Ah}{1\ V} = \frac{1\ Ah}{1\ V}$$

(1 ampere-jam = 3600 ampere-detik; 1 Ah = 3600 Ad). Menuruti asas yang sama, maka kapasitas aki mobil 12 V/44 Ah dapat juga dinyatakan dalam farad:

$$\frac{44\ Ah}{12\ V} = 3{,}7\ \frac{Ah}{V} = 3{,}7 \times 3600\ \frac{Ad}{V} = 13.320\ F$$

Nilai sebesar kira-kira 13.000 F itu adalah suatu kapasitas yang ekstrim tinggi. Kondensator-kondensator yang dipakai dalam praktek elektronika memiliki kapasitas hanya beberapa pecahan farad saja, disebut pikofarad (pF), nanofarad (nF) atau mikrofarad (uF).

1 pF = 0,000.000.000.001 F (seperbilyun farad)
1 nF = 0,000.000.001 F = 1000 pF (sepermilyar farad)
1 uF = 0,000.001 F = 1000 nF (sepersejuta farad)

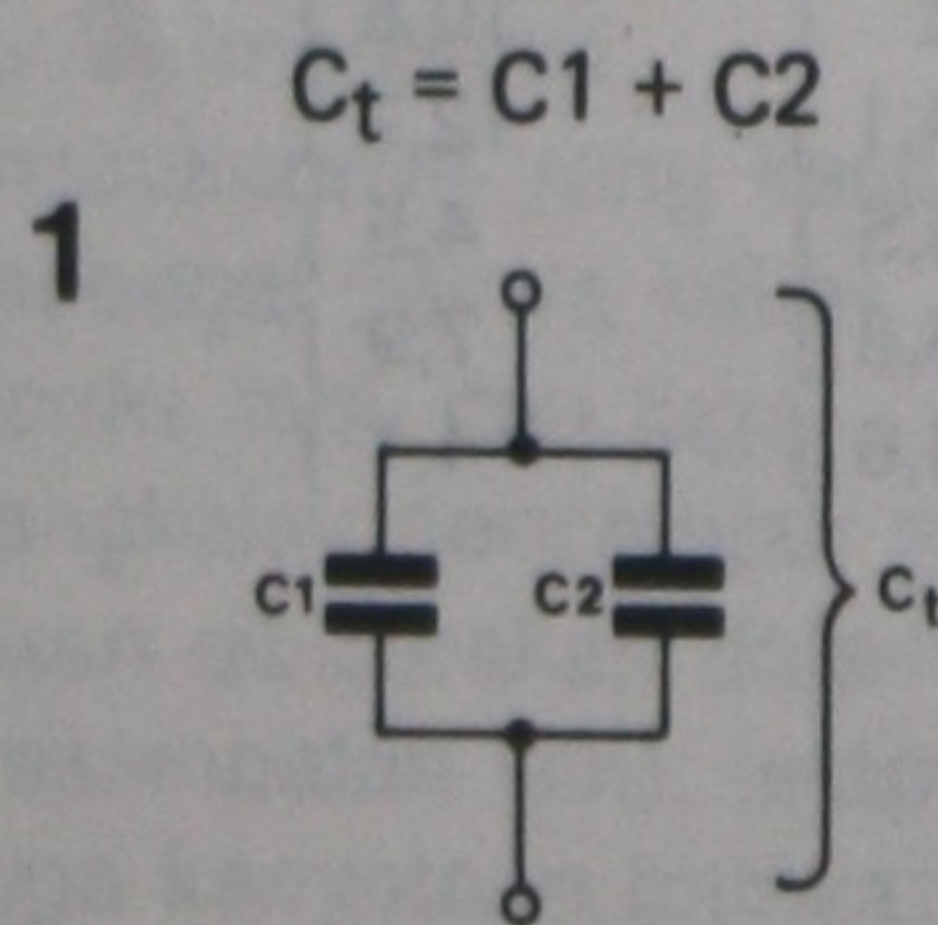
Kadang-kadang:
1 mF = 0,001 F = 1000 uF (1 per seribu farad)

Meskipun kapasitasnya kecil-kecil, namun kondensator tidaklah kalah berguna dari aki. Pertama-tama, kondensator dapat diisi muatan, dibuang muatannya, dan dibalikkan muatannya dalam sepersekian detik; ke dua: kondensator dapat dihubungkan kepada tegangan bolakbalik, sebab mereka tidak berkutub (terkecuali kondensator elektrolit). Karena itu dalam membangun rangkaian elektronika, kita tidak perlu mengingat akan cara-cara mengoneksinya. Pada kondensator lazimnya dinyatakan besar kapasitas dan tegangan maksimumnya. Kadang-kadang besar kapasitasnya tersendiri.

Dua kondensator

Rumus untuk menghitung kapasitas total (C_t) dari dua kondensator yang dijajarkan dapat dengan mudah dinalar dari Gb. 1:

$$C_t = C1 + C2$$

1

Gambar 1: Rangkaian jajar. Nampak jelas bahwa kapasitas total bertambah besar.

Balok-balok hitam dalam rangkaian itu adalah keping-keping kondensator. Luas keping-keping itu, kalau kondensator dijajarkan, menjadi bertambah besar. Akibatnya: kapasitas keseluruhan menjadi bertambah besar. Contoh: kita memerlukan kondensator 20 nF. Harga ini tidak terdapat dalam deret normalisasi. Pemecahan persoalan: kita jajarkan dua kondensator 10 nF. Rumus untuk rangkaian jajar kondensator dapat kita bandingkan dengan rumus untuk rangkaian deret resistor:

$$R_t = R1 + R2$$

Sebaliknya: kita dapat menurunkan rumus bagi kondensator-kondensator yang berderet dari rumus pelawan-pelawan yang berjajar (Gb. 2). Pada resistor-resistor berjajar berlaku:

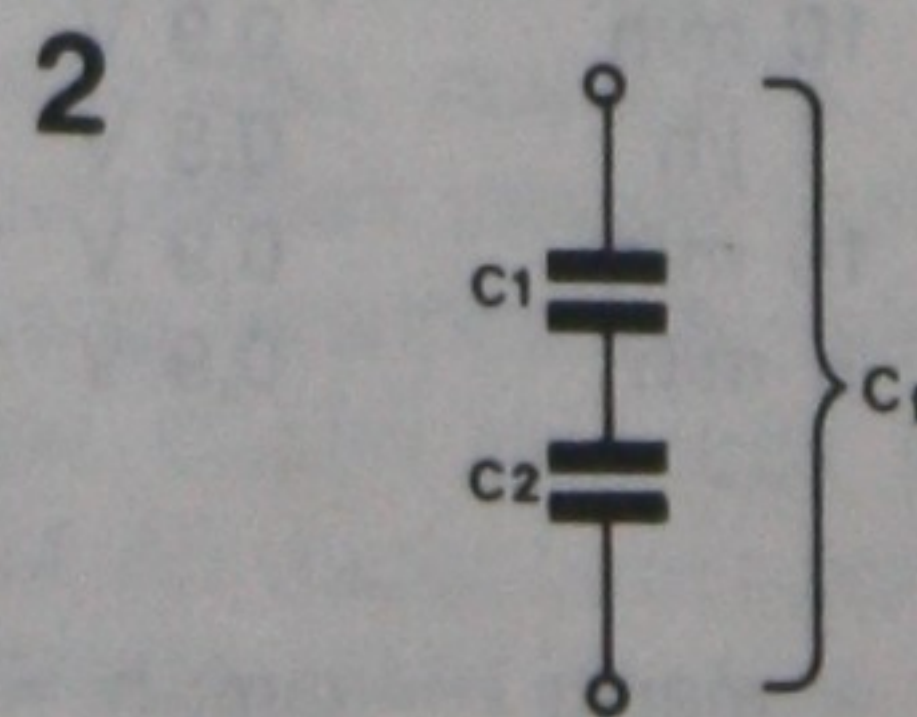
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \quad \text{atau}$$

$$R_t = \frac{R1\ .\ R2}{R1 + R2}$$

Rumus bagi kondensator-kondensator berderet adalah:

$$C_t = \frac{C1\ .\ C2}{C1 + C2}$$

2

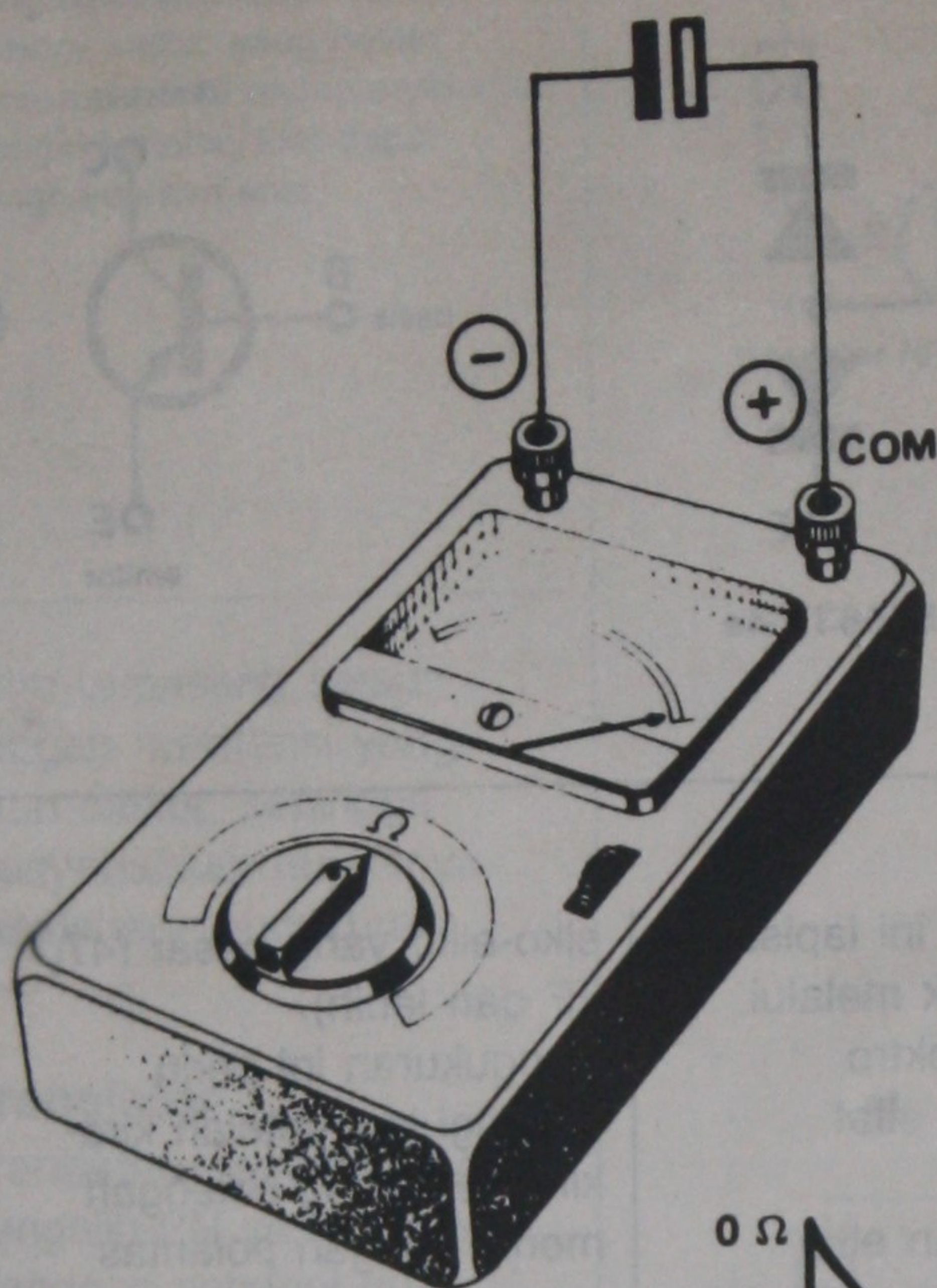
Gambar 2: Kapasitas total dari dua kondensator yang berderet adalah kecil dari kapasitas setiap kondensator.

Deretan kondensator-kondensator memiliki kapasitas total yang kecil dari nilai kapasitas sebuah kondensator. Keterangan ini yang rupa-rupanya membingungkan dapat kita jelaskan dengan dua tali karet. Kalau dua tali karet kita rentangkan berdampingan (berjajar) maka gaya tariknya menjadi besar. Tersimpanlah gaya regang lebih besar. Kalau karet-karet itu kita sambungkan berurutan (berderet), maka menjadi makin kendor. Kalau hendak kita tegangkan, kita pun perlu menariknya lebih panjang. Kesimpulan: gaya tegangnya menjadi kecil. Rangkaian deret juga ada gunanya, meskipun sepintas tidak demikian tampaknya. Tegangan yang ada di antara ujung-ujung deretan dapat lebih tinggi ketimbang tegangan kerja yang diberikan kepada masing-masing kondensator. Selain itu rangkaian deret dimanfaatkan sebagai pembagi tegangan dalam arus bolakbalik. Hal ini kita lanjutkan di lain bagian. ●

d. Teknik Pengukuran: Bagian ke-2

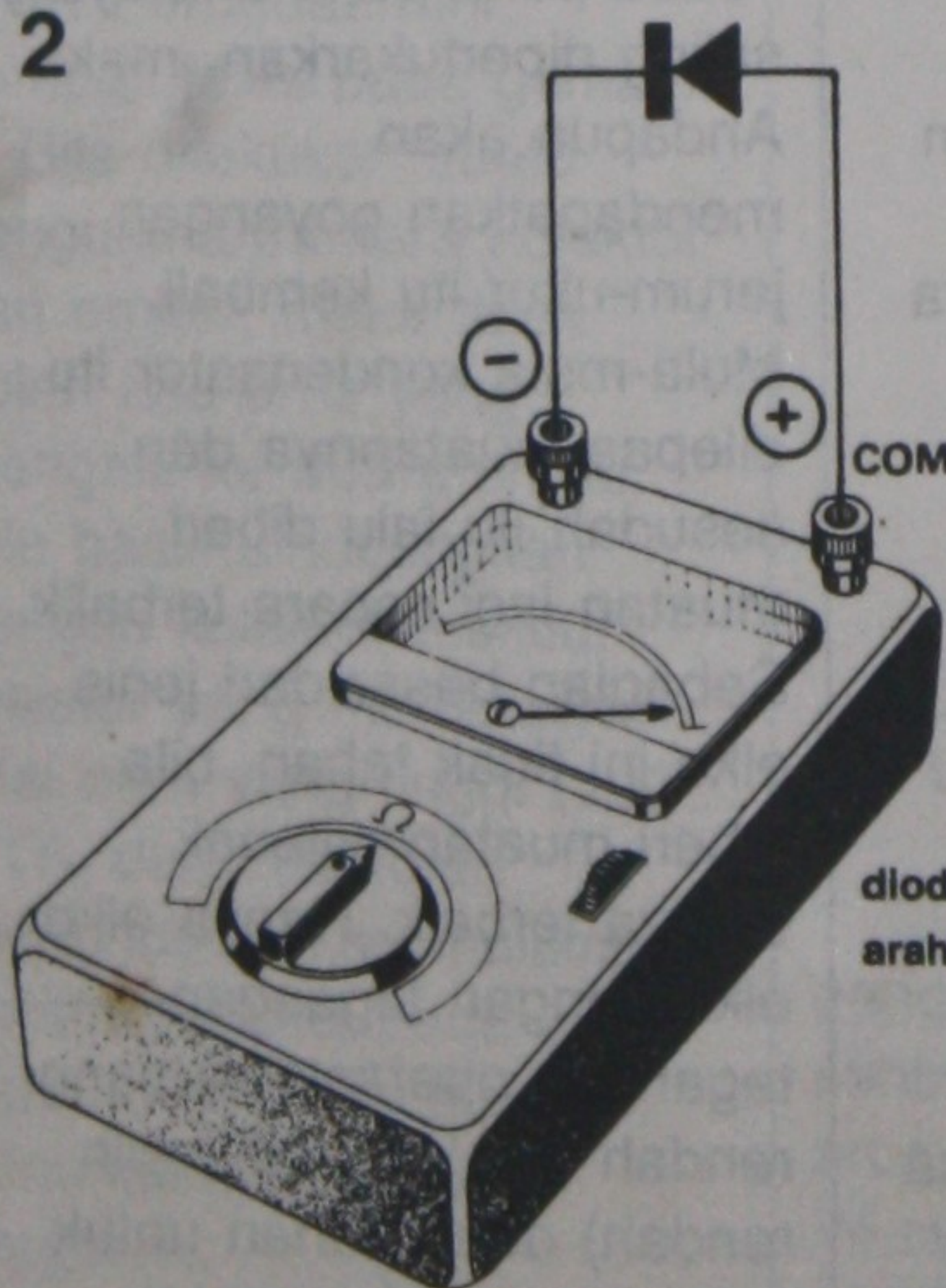
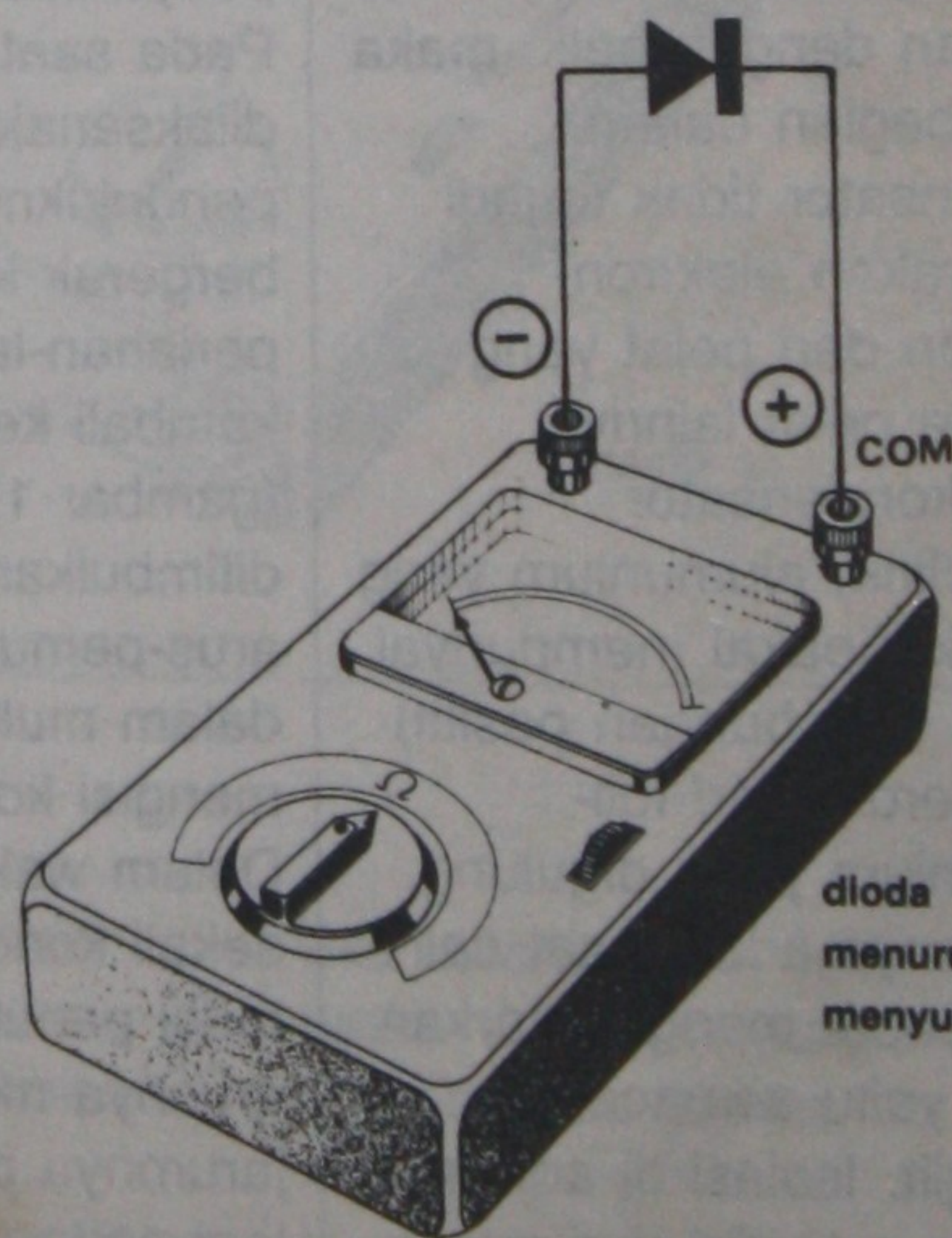
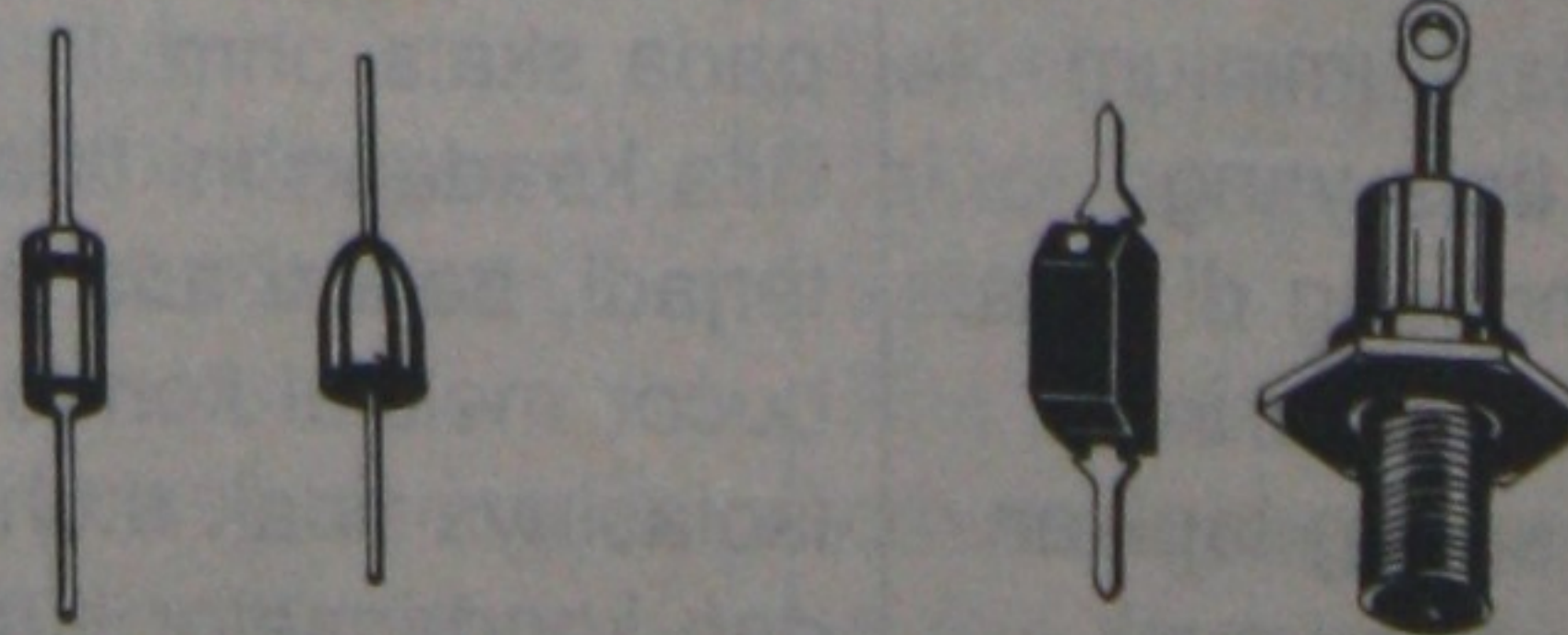
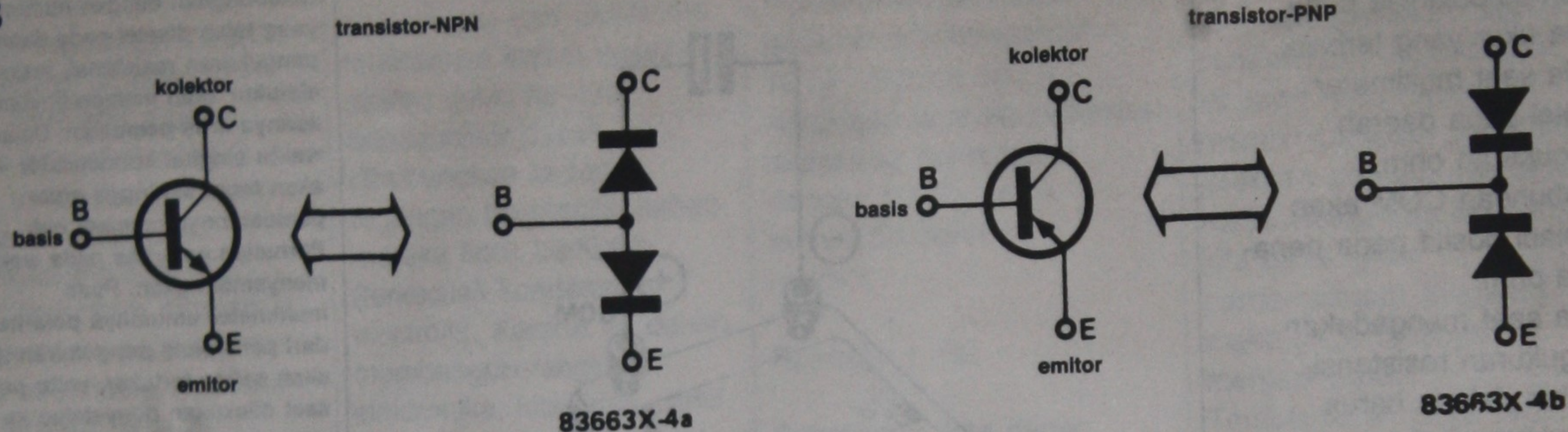
Dalam uraian pada bagian 1 kita telah memperagakan berbagai jenis alatukur secara jelas. Kini kita akan melihat komponen-komponen elektronika yang dapat kita uji dengan menggunakan multimeter. Hampir semua komponen-komponen akan dapat diuji dengan multimeter. Metoda-metoda yang akan diuraikan di sini hanya mengkhususkan tentang masalah bekerja atau tidak bekerjanya komponen-komponen yang bersangkutan. Mengenai kualitas komponen di luar jangkauan metode ini. Untuk menguji komponen-komponen maka multimeter ini disetel untuk daerah pengukuran resistansi. Baterai yang terpasang di dalamnya berfungsi

sebagai sumber tegangan. Hampir semua jenis multimeter memiliki polaritas-polaritas pena-pena ukur yang terbalik. Pada saat multimeter disetel pada daerah pengukuran ohm, sambungan COM akan menjadi positif pada pena-pena ohm.
Pada saat mengadakan pengukuran resistansi, terlebih dahulu harus dilakukan peneraan alatukur.
Peganglah pena-pena ukur itu agar bersentuhan satu dengan lainnya dan aturlah agar jarum-penunjuknya menunjukkan nol dengan memutarkan tombol penyetel. Usahakan daerah batas-pengukurannya berada di bagian tengah skala.
Kalau kita memilih batas-pengukurannya yang lain, maka prosedur peneraan ini harus diulang kembali. Bila dalam proses peneraan ternyata jarum-penunjuknya tidak sanggup lagi untuk disetel ke nol, maka baterai harus segera diganti dengan yang baru.

Kondensator

Dalam pengujian suatu kondensator maka dengan metoda ini kita tidak mungkin dapat menentukan besarnya kapasitas, tetapi kita hanya dapat menentukan apakah sebuah kondensator itu rusak atau tidak. Suatu kondensator terdiri dari dua pelat-pelat yang menghantarkan listrik tetapi saling terisolasi satu dengan lainnya.
Pada pelat-pelat ini dapat diisi muatan. Hal ini berarti bahwa pada pelat yang satu terjadi kelebihan elektron (muatan negatif), sedang di pelat yang lainnya justru kekurangan elektron (muatan positif).

1
COM
0 Ω
bergeraknya jarum penunjuk
83663X-1

Gambar 1. Bila suatu kondensator (elektrolit) dihubungkan dengan multimeter yang telah disetel pada daerah pengukuran resistansi, maka alatukur akan memperlihatkan adanya arus-pemuatan. Dalam waktu singkat kondensator itu akan terisi sehingga arus-pemuatannya menjadi nol. Perhatian polaritas pada waktu menyambungkan. Pada multimeter umumnya polaritas dari pena-pena pengukurannya akan saling tertukar, yaitu pada saat dilakukan penyetelan ke pengukuran resistansi.

Gambar 2. Pengujian dioda. Pada arah menyumbat tidak menyebabkan goyangan jarum penunjuk

2
COM
dioda menurut arah menghantar
COM
dioda menurut arah menyumbat
Katoda
arah arus
anoda

Gambar 3. Suatu transistor dapat diukur seakan-akan merupakan dua buah dioda. Resistansi di antara kolektor dan emitor harus menunjukkan nilai tak terhingga.

Dengan demikian maka kondensator telah mendapatkan muatan listrik.
Bila segala sesuatunya berjalan dengan baik, maka pada bagian dalam kondensator tidak terjadi pergerakan elektron-elektron dari pelat yang satu ke pelat lainnya.
Elko (kondensator elektrolitik) alumunium yang banyak dipakai mempunyai anoda (sambungan positif) yang terdiri dari foli-alumunium yang digulung. Katodanya adalah zat cair yang dapat menghantarkan listrik, yaitu semacam elektrolit. Isolasi di antara keduanya terdiri dari suatu lapisan oksida-aluminium yang sangat tipis yang terpasang langsung di atas aluminium. Bila elko ini rusak, maka sering lapisan isolasi inilah yang koyak. Hal ini bisa terjadi bila polaritas kondensator terbalik saat dihubungkan.
Dalam kejadian ini lapisan oksida itu rontok melalui proses kimia-elektro sehingga hilang sifat isolasinya.
Cara pengukuran elko dilaksanakan dengan multimeter pada penyetelan daerah pengukuran resistansi dengan nilai-nilai resistansi yang tinggi (sekitar 50 k Ω di tengah-tengah papan-skala). Perhatikan polaritasnya pada saat-saat penyambungan.
Pada saat pengukuran dilaksanakan, maka jarum penunjuknya akan cepat bergerak kemudian secara perlahan-lahan bergerak kembali ke arah asalnya (gambar 1). Gerakan ini ditimbulkan oleh adanya arus-pemuatan baterai dalam multimeter sewaktu mengisi kondensator.
Dalam waktu yang cepat sekali kondensator telah terisi penuh sehingga arusnya menjadi nol. Maka jarumnya pun menunjuk lagi pada nilai tak terhingga pada skala ohm.
Bila keadaan ini tidak terjadi, berarti ada arus-bocor melalui kondensator; isolasinya tidak utuh lagi dan kondensator itupun tidak dapat dipergunakan lagi. Arus-bocor yang kecil hanya diperkenankan untuk elko-elko yang besar (470 µF dan lebih).
Pengukuran ini perlu diulangi lagi setelah kira-kira berselang setengah menit, dengan polaritas yang sama. Kini jarum-penunjuknya hanya diperbolehkan bergoyang sedikit saja, Karena pada kondensator yang baik pasti akan mempertahankan muatannya.
Bila pada pengukuran kedua pena-pena ukurnya saling dipertukarkan, maka Andapun akan mendapatkan goyangan jarum-ukur itu kembali.
Mula-mula kondensator itu dilepas muatannya dan sesudah itu lalu diberi muatan lagi secara terbalik. Sebagian besar dari jenis elko ini tidak tahan, bila diberi muatan sejenak secara terbaik. Hanya elko-elko dengan tegangan-tegangan operasional yang rendah (10 Volt dan lebih rendah) dapat tahan untuk pengukuran ini. Jadi kita harus berhati-hati bila menggunakan alatukur yang menggunakan baterai 30 Volt!
Untuk menguji elko-elko dengan kapasitas kecil atau kondensator-kondensator yang biasa kita harus menyetel alatukur ini pada daerah batas pengukuran resistansi yang tertinggi. Kondensator-kondensator yang kapasitasnya di bawah 100 nF dapat dimuati dengan cepat sehingga kita hampir-hampir tidak dapat lagi melihat goyangan jarum-penunjuk dengan jelas.

Dioda

Pelaksanaan pengukuran dioda dilakukan sebanyak dua kali, yaitu satu kali menurut arah-menyumbat dan satu kali lagi menurut arah-menghantar (gambar 2).
Pada arah-mengantar multimeter menunjuk pada nilai resistansi misalnya sebesar 1 k Ω. Penunjukan ini ditimbulkan oleh adanya tegangan-ambang (0,6 V), yang akan terjadi pada dioda sewaktu menghantarkan arus.
Resistansi dioda yang dimaksudkan adalah resistansi bahan semikonduktor silikon yang merupakan bahan-dasar pembuatan dioda.
Besarnya berkisar antara O sampai puluhan ohm.
Pada dioda yang baik, maka pengukuran menurut arah-penyumbatan tidak akan menyebabkan goyangan jarum-penunjuk.

Dioda dapat juga diuji walaupun masih terpasang dalam rangkaian. Mula-mula rangkaian dilepaskan hubungan listriknya dan kemudian menunggu selama setengah menit sehingga semua kondensator itu dapat mengosongkan muatan-muatannya. Kemudian dioda ini diukur menurut kedua arahnya. Bila multimeter ini pada kedua pengukuran memberikan hasil yang sama saja, maka besar kemungkinan bahwa dioda tersebut sudah rusak. Untuk mendapatkan suatu kepastian, maka pengaruh dari rangkaian selebihnya harus ditiadakan. Untuk maksud tersebut maka dioda itu harus dilepaskan soldernya (satu kaki saja sudahlah cukup) dan kemudian diuji lagi.

Mungkin saja terjadi bahwa sebuah dioda yang rusak dapat juga lolos dari pengujian dengan multimeter. Dioda ini pada tegangan-pengujian yang rendah masih dapat menyumbat dengan baik, tetapi kemudian pada tegangan-operasional yang lebih tinggi justru meneruskan arus listrik sehingga akhirnya menghantarkan listrik dalam dua arah.

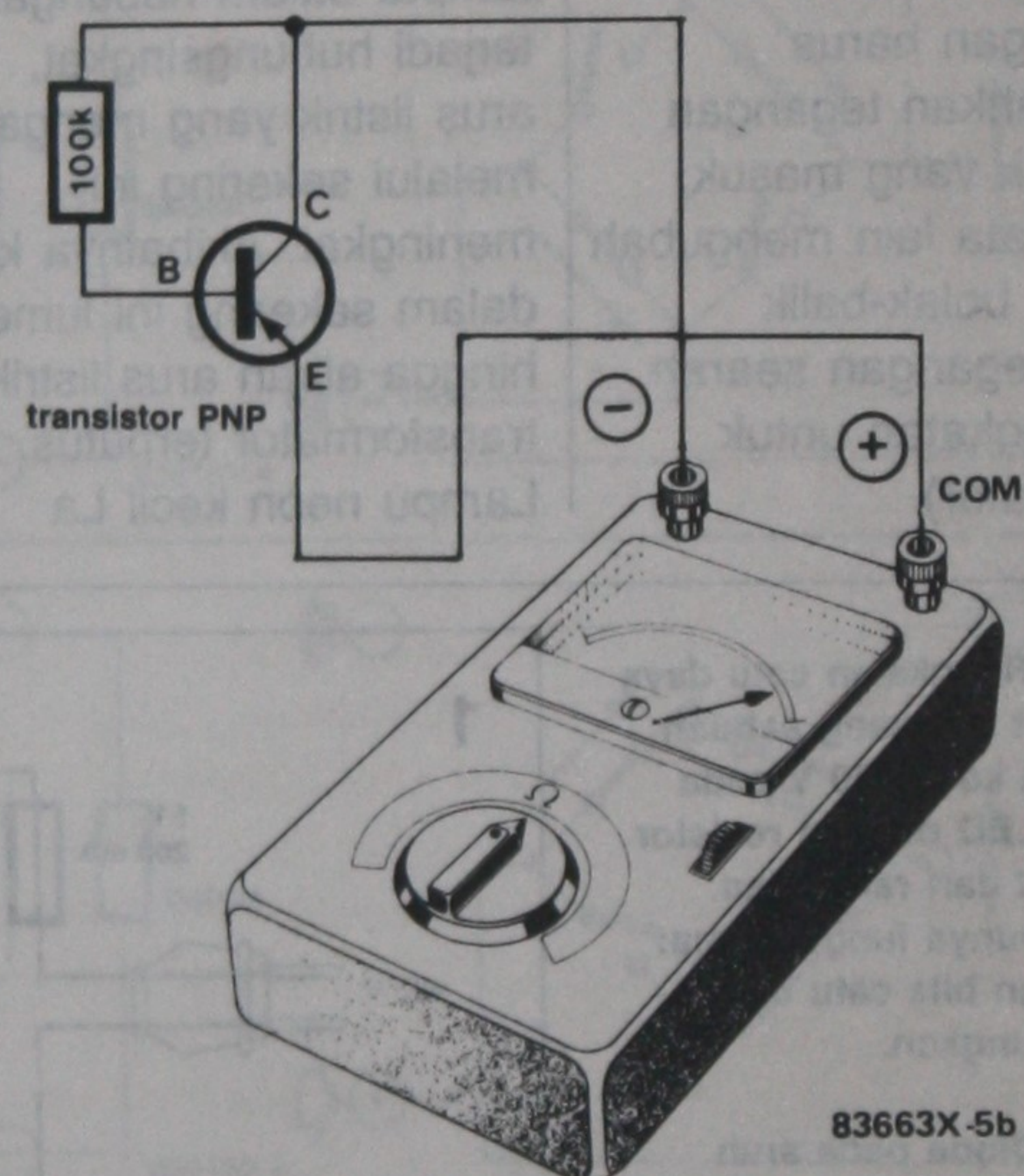
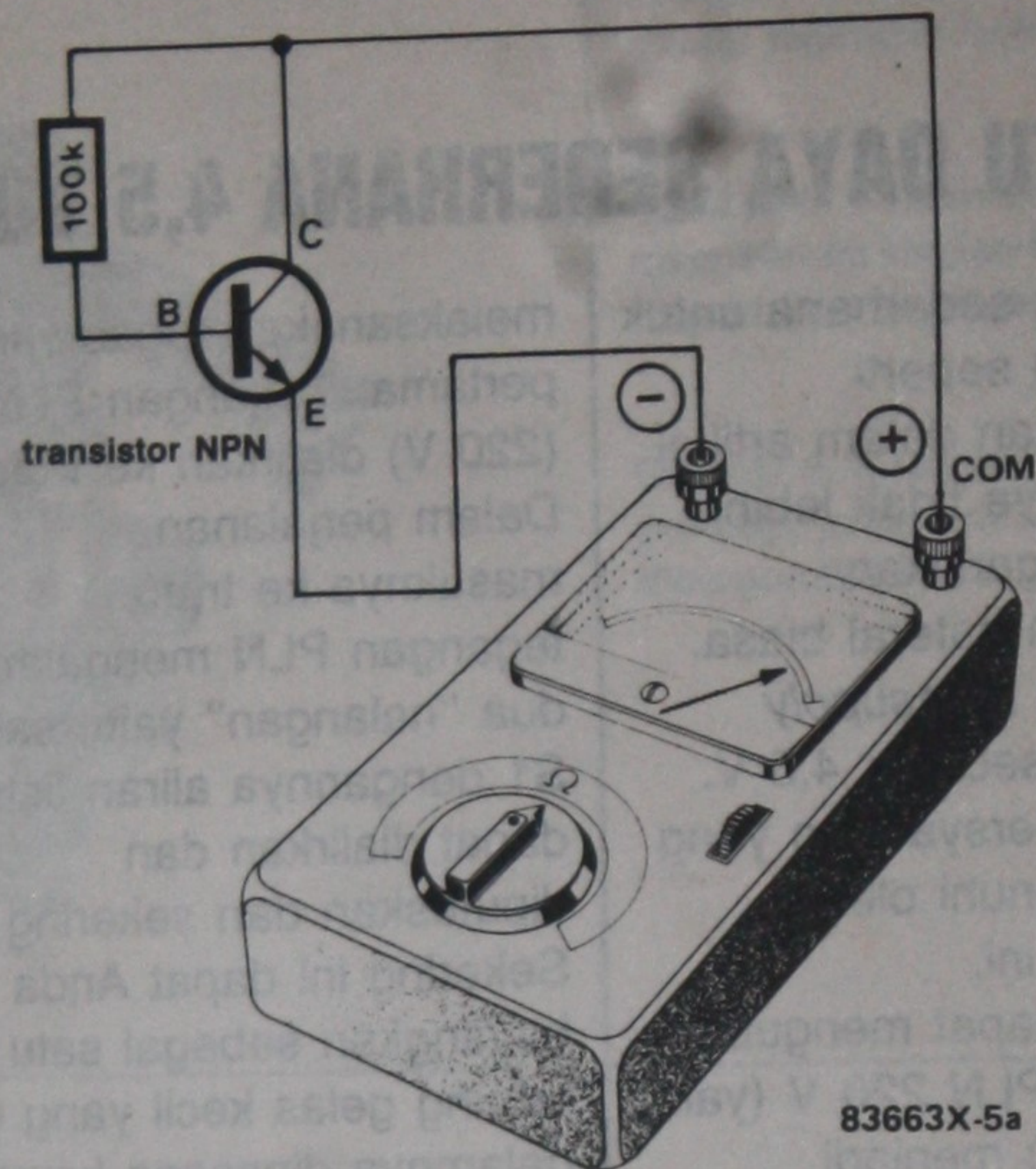
Untuk menguji komponen-komponen yang mempunyai resistansi (ohm) tinggi, misalnya dioda menurut arah penyumbatan, Anda harus memperhatikan dan menjaga agar kedua titik-titik pengukurannya tidak disentuh tangan pada waktu-pengukuran.

Resistansi-listrik dari tubuh yang bervariasi antara beberapa puluhan sampai beberapa ratusan k Ω, akan terpasang sejajar dengan resistansi yang akan diukur, sehingga menyebabkan terjadinya kesalahan-pengukuran.

Transistor

Transistor mempunyai dua pengalih-PN yang dapat dianggap sebagai dua dioda (gambar 3). Pena-pena basis-emitor dan basis-kolektor juga dapat diuji seperti yang telah diuraikan di muka.

Letak kedua dioda pada transistor-NPN adalah kebalikan dari transistor-PNP. Perbedaan ini nampak jelas pada gambar 3. Bila dilakukan suatu pengukuran antara kolektor dan emitor, maka tidak boleh ada arus yang mengalir ke dua arah itu. Bila basis dihubungkan dengan kolektor melalui resistor yang mempunyai nilai ohm yang tinggi (100 k Ω), dan kemudian menghubungkan multimeter seperti terlukis pada gambar 4, maka jarum-penunjuknyapun akan bergerak.

Tanpa resistor, hal ini bisa dilakukan dengan membasahi dua telunjuk kita kemudian menyentuhkannya pada basis dan kolektor. Suatu arus-basis yang lemah dapat mengalir dan memungkinkan pengendalian transistor sehingga menimbulkan arus-kolektor. Arus kolektor ini mengalir melalui alatukur dan menggerakkan jarum-penunjuk.

Pada transistor dengan sambungan-sambungan yang tidak diketahui (walaupun jarang sering terjadi), maka dengan pengujian kita dapat menentukan pena kolektor dan emitor.

Bila kolektor dan emitor pada rangkaian yang tertulis pada gambar 4 saling dipertukarkan, maka transistor masih tetap bekerja, tetapi dengan faktor penguatan-arus yang kecil.

Bila kolektor dan emitor itu dihubungkan dengan baik, maka arus-basispun akan diperkuat kembali; jarum-penunjuk akan bergerak lebih jauh lagi. ●

4

Gambar 4. Dengan menambahkan satu resistor maka transistor itu dapat menghantarkan arus. Kaki kolektor emitor yang dalam keadaan normal mempunyai sifat sebagai isolator, kini dapat menghantarkan arus.

B. ANEKA PROYEK

1. CATU DAYA SEDERHANA 4,5 VOLT

Catu daya sederhana untuk percobaan seperti digambarkan dalam artikel ini fungsinya tidak lebih dari menggantikan kedudukan baterai biasa. Catu daya men*supply* tegangan sebesar 4,5 V. Ada dua persyaratan yang harus dipenuhi oleh rangkaian ini.

1. Harus dapat mengubah tegangan PLN 220 V (yang berbahaya) menjadi tegangan 4,5 V yang tidak berbahaya.
2. Hubungan harus menyearahkan tegangan bolak-balik yang masuk, dengan kata lain mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah.

Trafo (singkatan untuk transformator) melaksanakan tugas yang pertama: Tegangan PLN (220 V) dialirkan ke trafo. Dalam perjalanan masuknya ke trafo tegangan PLN mengalami dua "halangan" yaitu saklar S1 dengannya aliran listrik dapat dialirkan dan diputuskan dan sekering F. Sekering ini dapat Anda bayangkan sebagai satu tabung gelas kecil yang di dalamnya dipasang kawat khusus. Bila pada suatu tempat dalam hubungan ini terjadi hubungsingkat, arus listrik yang mengalir melalui sekering ini meningkat. Akibatnya kawat dalam sekering ini lumer, hingga aliran arus listrik ke transformator terputus. Lampu neon kecil La menyala ketika trafo menerima tegangan PLN. Sisi sekunder transformator mengeluarkan tegangan bolak-balik 4,5 V, yang diumpamakan ke rangkaian penyearah B1, yang sebenarnya tidak lain hanya merupakan suatu kombinasi dari empat dioda. Dioda adalah suatu komponen kecil yang mengalirkan arus hanya dalam satu arah, jadi semacam jala satu arah. Ketika satu dioda mengalirkan arus, ia bekerja sebagai saklar tertutup, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Bila dibalik kutubnya (+ dan – ditukar), maka dioda akan menyumbat aliran, seperti terlihat pada Gambar 3. Sekarang kita kembali sebentar pada keempat dioda yang bersama-sama membentuk rangkaian penyearah untuk tegangan bolak-balik. Dalam Gambar 4 tanda kutub positif ada pada bagian atas, maka marilah kita berangkat dari sini. Dioda D2 dan D3 terletak paralel dan bekerja sebagai saklar tertutup (Gambar 2). D1 dan D4 bekerja sebagaimana dilukiskan dalam Gambar 3, menutup. Maka pada jembatan jalan keluar teratas terdapat tegangan positif dan pada jembatan jalan keluar terbawah tegangan negatif. Seperseratus detik kemudian tegangan pada jembatan jalan masuk membalik (lihat Gambar 5). Sekarang D2 dan D3 menutup dan arus listrik mengalir melalui D1 dan

Gambar 1. Rangkaian catu daya 4,5 V. Dapat dipasang sebuah lampu neon kecil 220 V pada *input* atau LED dengan resistor pada *output* dari rangkaian. Keduanya punya fungsi sama: menunjukkan bila catu daya telah dihubungkan.

Gambar 2. Dioda pada arah menghantar.

Gambar 3. Dioda pada arah menyumbat.

1

S1 F1 200 mA 220 V La Tr1 4,5 V 500 mA B1 R1 180 Ω 4,5 V 83615X-1

2

dioda menghantar

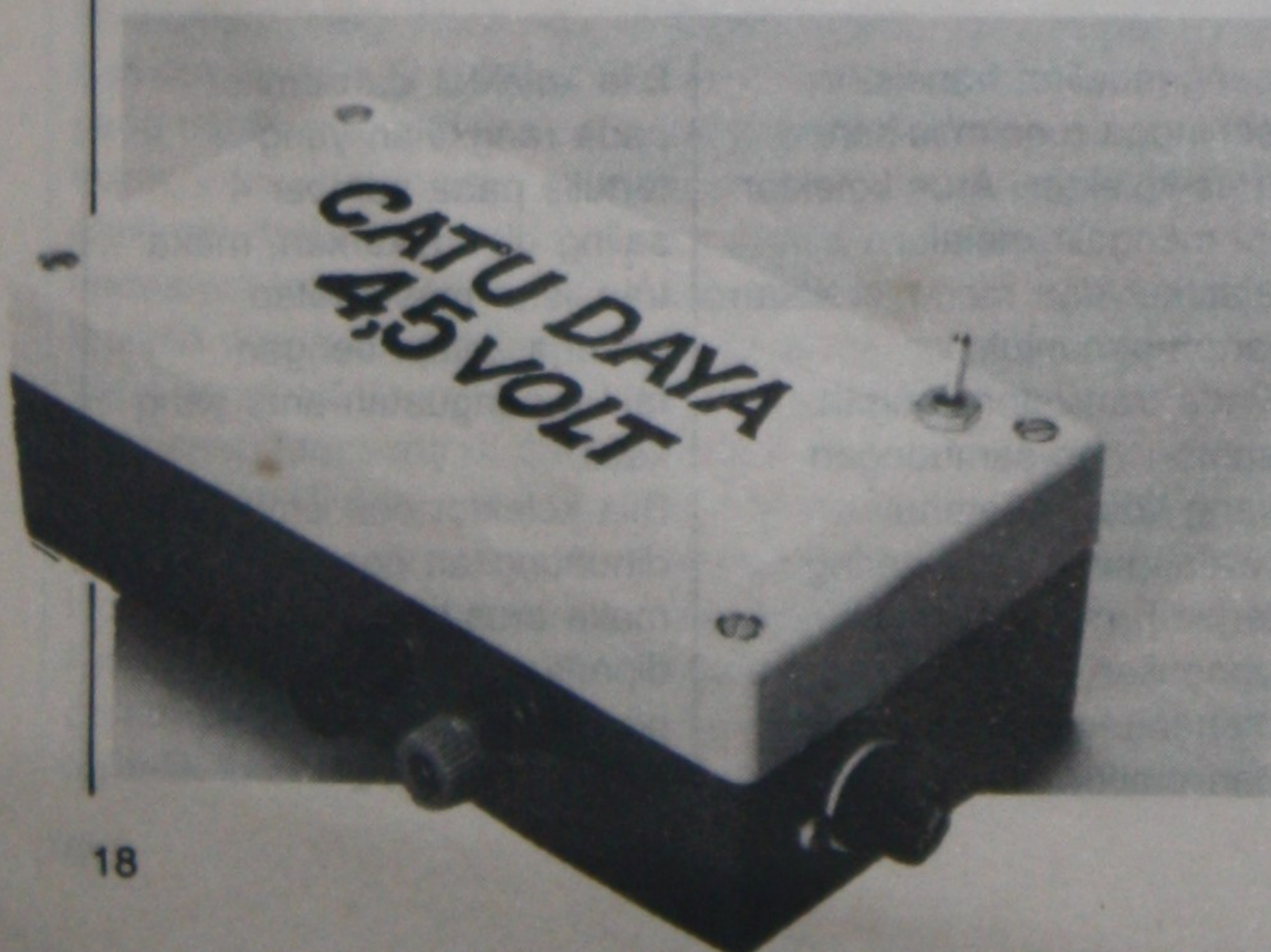
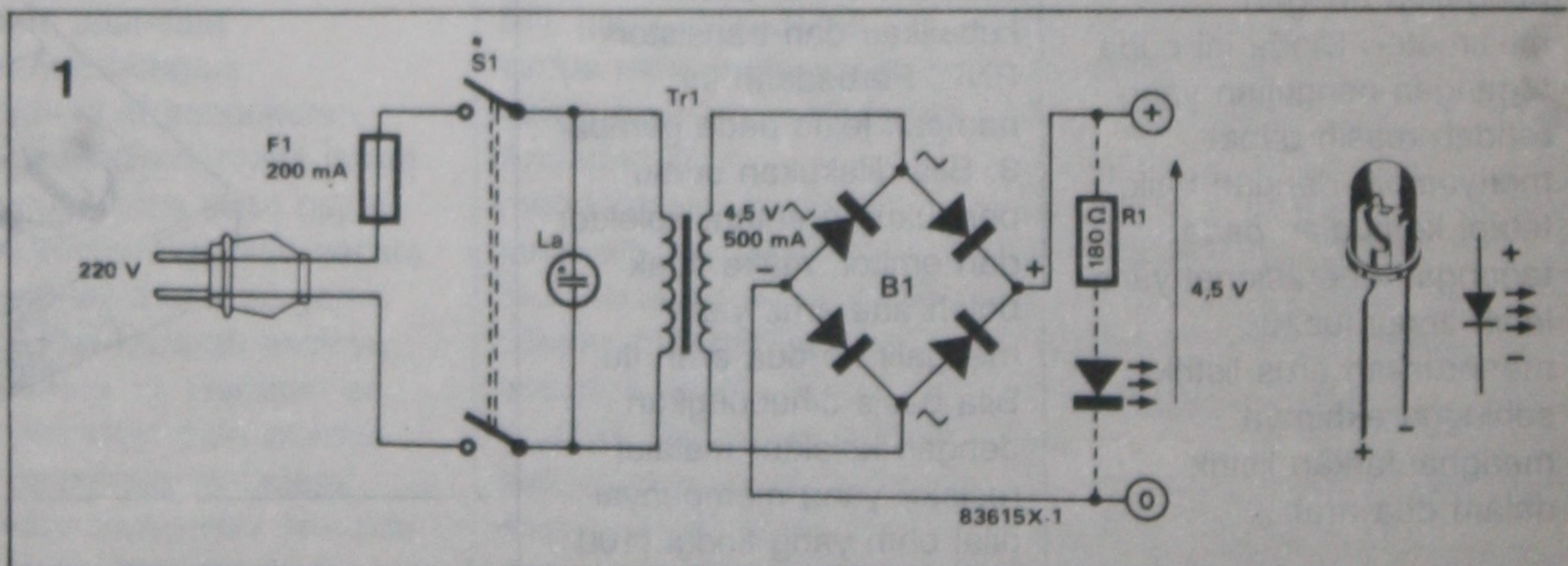
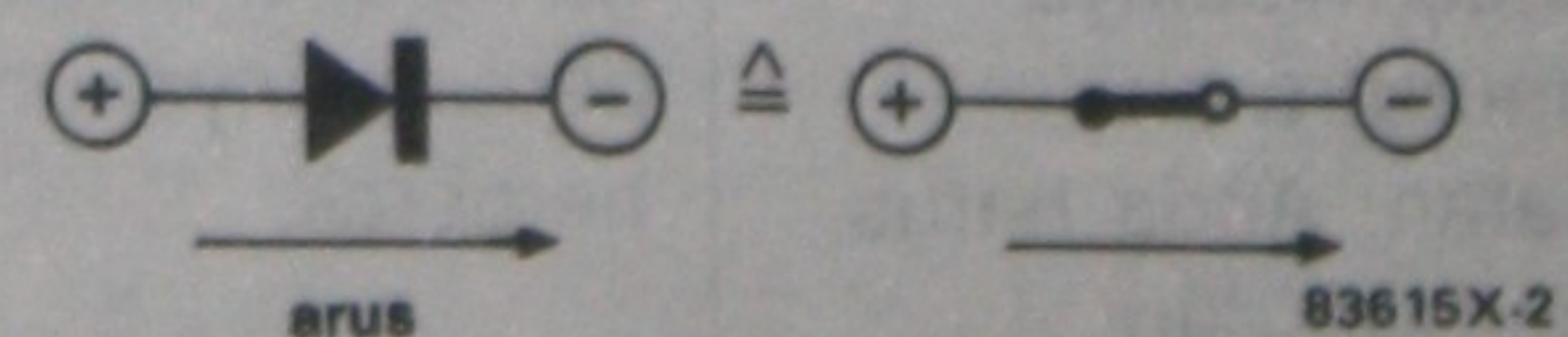
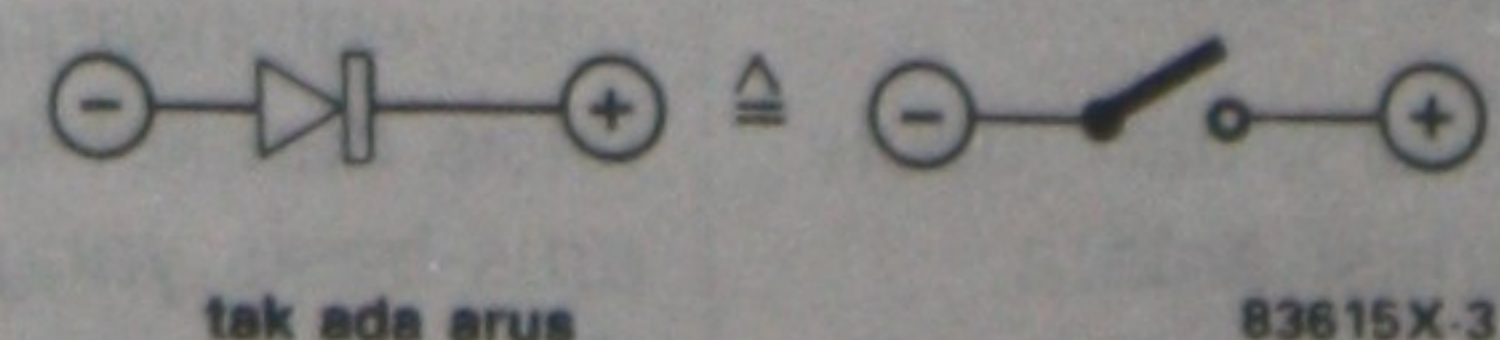
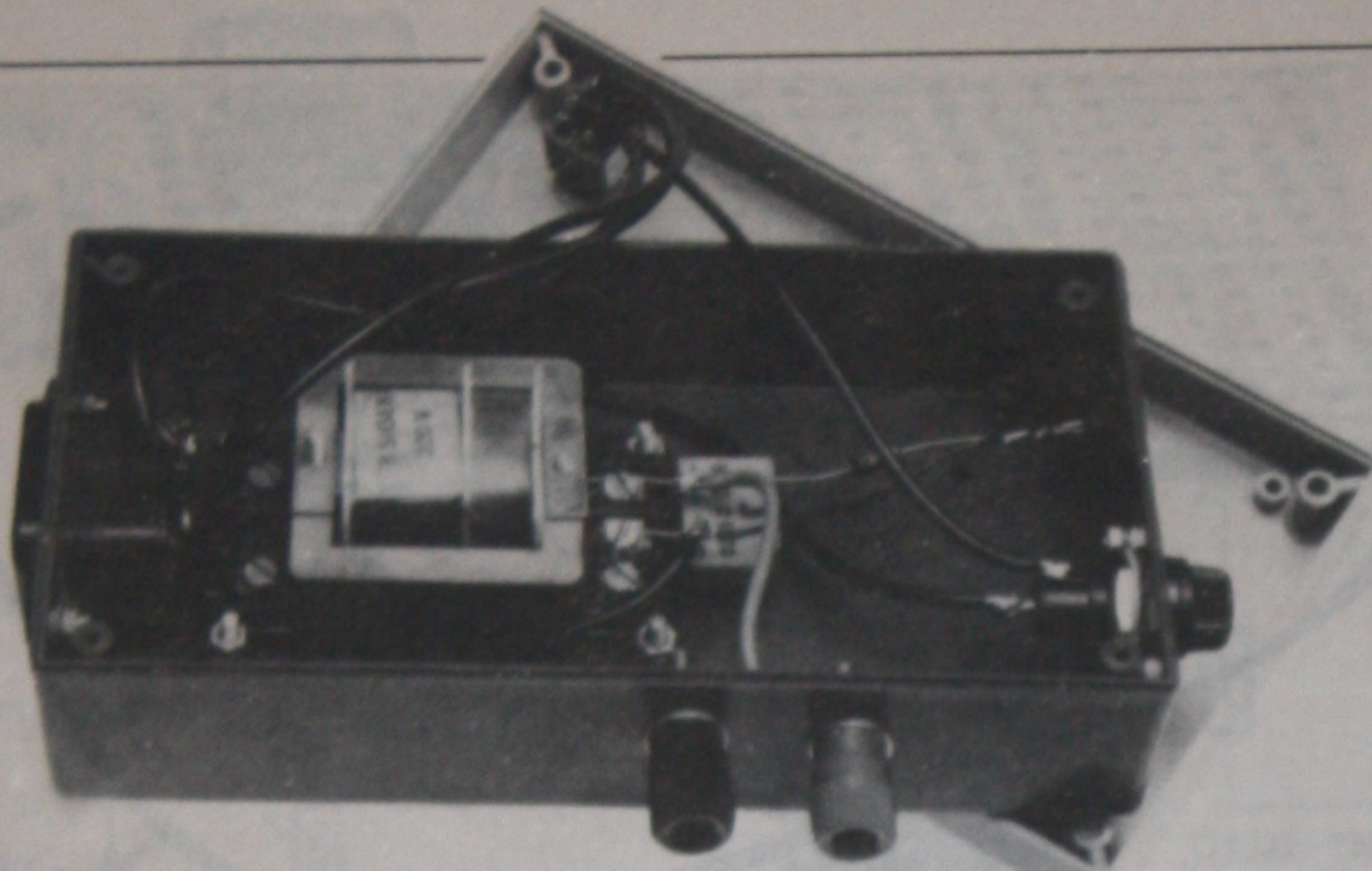
arus

83615X-2

3

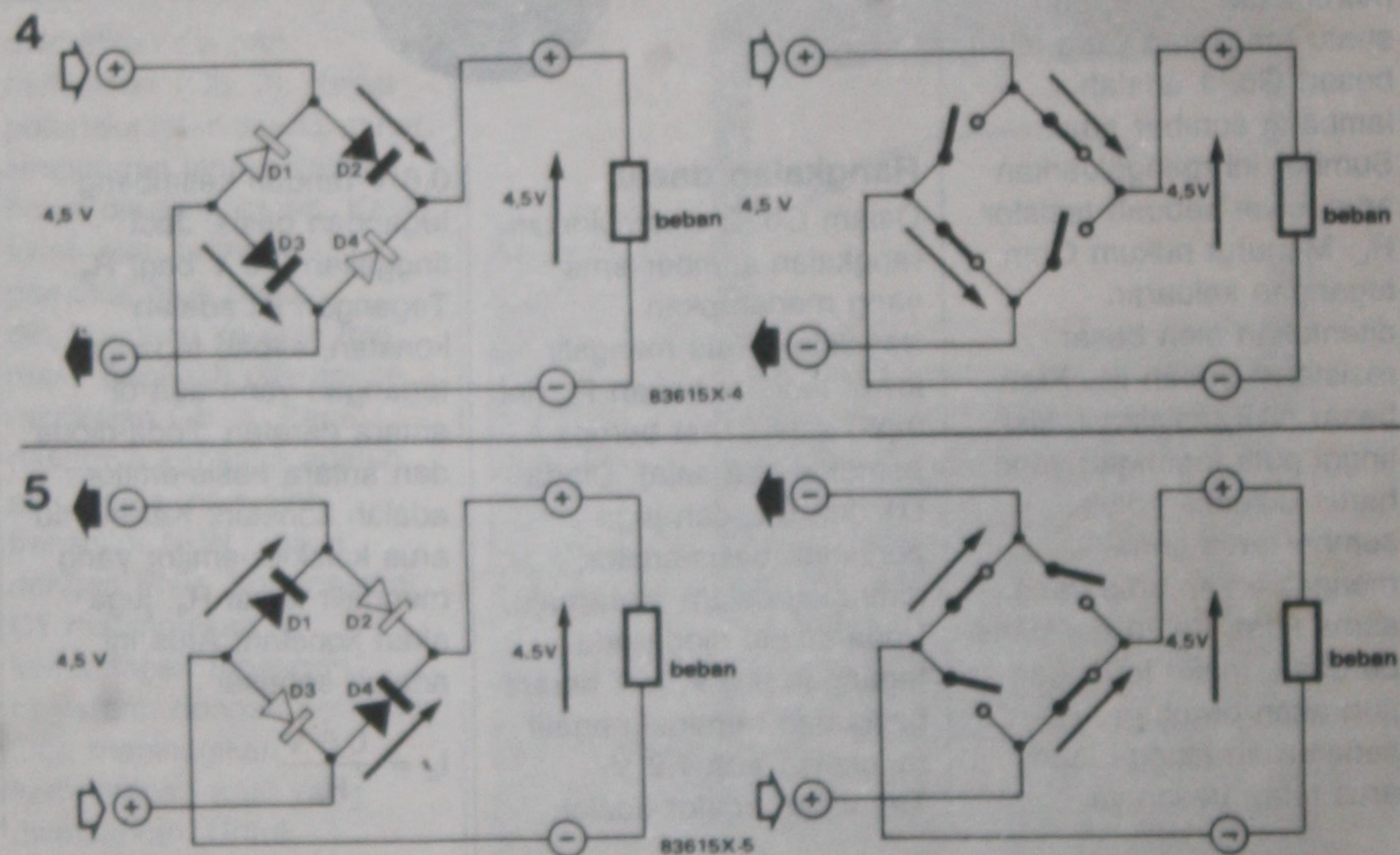
dioda menyumbat

tak ada arus

83615X-3

CATU DAYA 4,5 VOLT

Gambar 4. D2 dan D3 mengalirkan bagian-bagian positif tegangan bolak-balik.

Gambar 5. D1 dan D4 mengalirkan bagian-bagian negatif dari tegangan bolak-balik.

Gambar 6. Susunan dalam prototip; jelas terlihat trafo yang dipergunakan pada rangkaian ini.

D4. Tapi pada jembatan jalan keluar, kutub positif dan kutub negatif tidak bertukar, hingga kita memperoleh tegangan rata yang dikehendaki. Juga memenuhi persyaratan 2, tegangan bolak-balik telah diubah menjadi tegangan rata. Tapi tegangan rata yang didapat belum begitu mulus sebagaimana mestinya. Ketidakteraturan ini akan terdengar sebagai suara getaran bila Anda memakai rangkaian ini sebagai sumber daya untuk radio transistor. Kepincangan ini dapat diperbaiki dengan sebuah kondensator elektrolit (1000μF/16V). Kondensator tersebut harus disolder pada terminal-terminal *output*. Tapi harap hati-hati! Kondensator-kondensator elektrolit mempunyai kutub positif dan kutub negatif. Karena itu jangan salah sambung (positif pada positif dan negatif pada negatif). Karena pemasangan kondensator ini tegangan *output* meningkat sedikit (sekitar 6 volt). Pada *output* dari Gambar 1 dapat Anda lihat sebuah LED *(light emitting diode* = dioda yang dapat memancarkan cahaya) dan sebuah resistor. Kombinasi ini, LED dan resistor, dapat dipakai sebagai pengganti lampu neon kecil 220 V. Juga di sini hati-hati lagi: Perhatikan penyambungan positif dan negatifnya, bila tidak, elektronika bisa menjadi hobi yang lumanyan mahalnya.

Cara merakit

Dari pengalaman kita belajar bahwa bila rangkaian telah selesai dirangkai, paling baik menempatkannya dalam sebuah kotak (plastik) yang kokoh. Berhati-hatilah, terutama pada waktu memasang trafo, kabel hubungan PLN, saklar, dan sekering. Keempat sambungan dari jembatan penyatu arah ini harus diikat pada kedua sambungan *output* dari trafo dan pada kedua kotak sambungan. Bila semua sambungan sudah dipasang dengan benar dan semua komponen dalam keadaan baik, maka pengisian akan bekerja sebagaimana mestinya. Gambar 6 memperlihatkan bentuk prototip dilihat dari dalam. Tegangan dari trafo yang kita pergunakan ini mungkin berada sedikit di atas nilai yang dikehendaki, yaitu 5 V, tapi trafo ini punya dua kelebihan besar: murah dan mudah didapat pada setiap toko komponen. Pada model percobaan telah dipasang sebuah LED sebagai lampu kontrol. •

2. SUMBER ARUS KONSTAN

Sumber arus konstan adalah rangkaian yang mengeluarkan kuat arus yang konstan, tidak bergantung pada besar beban. Ini berlawanan dengan sumber tegangan, yang mengeluarkan tegangan yang tidak bergantung pada besar beban. Lazimnya sumber tegangan sudah dibangun sebagai suatu aparat lengkap, sedangkan sumber arus biasanya merupakan bagian dari suatu rangkaian yang lebih besar. Gb. 1 adalah lambang sumber arus. Sumber ini mengeluarkan arus lewat sebuah resistor R_L. Menurut hukum Ohm, tegangan keluaran ditentukan oleh besar resistansi beban itu. Kian besar nilai resistansi, kian tinggi pula tegangan yang harus diadakan oleh sumber arus guna mengeluarkan arus yang sama kuat. Kalau resistansi berubah, maka tegangan pun akan berubah sedemikian hingga kuat arus tetap besarnya.

Rangkaian dasar

Dalam Gb. 2 dikemukakan rangkaian sumber arus yang menerapkan transistor. Arus mengalir lewat resistor beban R_L (ini tentu saja dapat berupa pemakai apa saja). Dioda D1 dan D2, dan juga peralihan basis-emitor, dirangkai dalam arah maju. Pada setiap dioda ada tegangan 0,6 V, jadi antara basis dan terminal negatif rangkaian ada 1,2 V. Tegangan emitor adalah 0,6 V rendah ketimbang tegangan basis. Jadi tinggallah 0,6 V bagi R_e. Tegangan ini adalah konstan, sebab tegangan-tegangan yang ada di antara deretan dioda-dioda dan antara basis-emitor adalah konstan. Karena itu arus kolektor-emitor yang mengalir lewat R_e, juga akan konstan. Arus ini adalah sebesar

$$I_c = \frac{0{,}6\ V}{R_e}$$

Jadi R_e menentukan kuat arus. Untuk (misalnya) sumber arus 5mA, diperlukan R_e 120 ohm. Guna menguji rangkaian, R_L dapat ditukar dengan sebuah potensiometer yang

Gambar 1: Sumber arus menyetel tegangan-keluaran secara sedemikian hingga arusnya tetap konstan.

Gambar 2: Rangkaian sumber arus dengan transistor NPN. Arus keluaran ditentukan oleh R_e.

1

I konst
U
R L
U = R L · I konst.
Sumber arus
83639X-1

2

U B = 9 V
R1
4k7
I C
R L
C
B
(BC 547)
Transistor NPN
0,6 V
D1
0,6 V
E
C1
R e
220µ 4V
0,6 V
D2
0,6 V
D1, D2: dioda silikon (1N4148)
83639X-2

3

$U_B = 9$ V

10mA, R1 4k7, P1 1k, T1 BC 547, C1 220µ 4V, D1, D2, R_e 120Ω

D1,D2: 1N4148

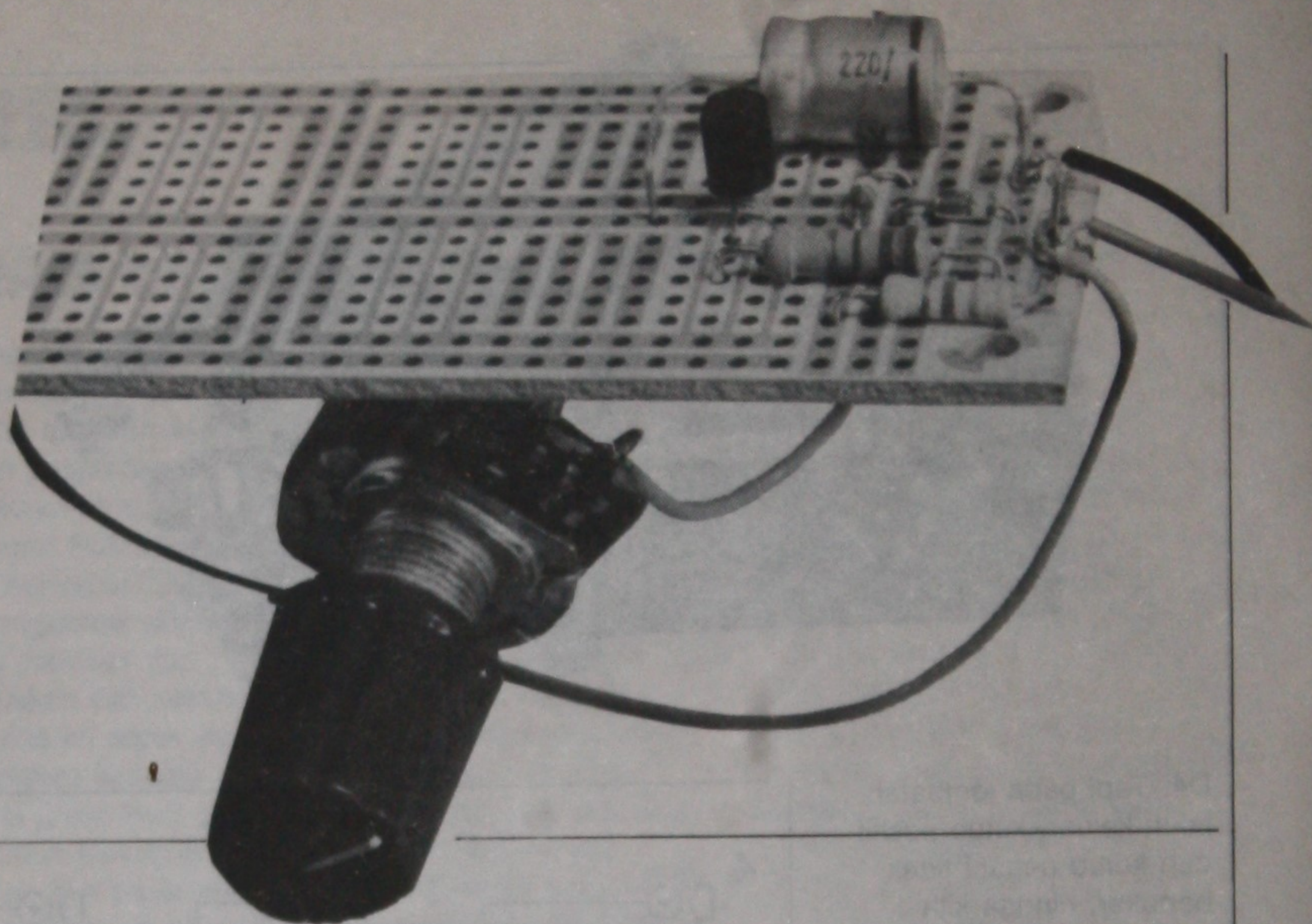
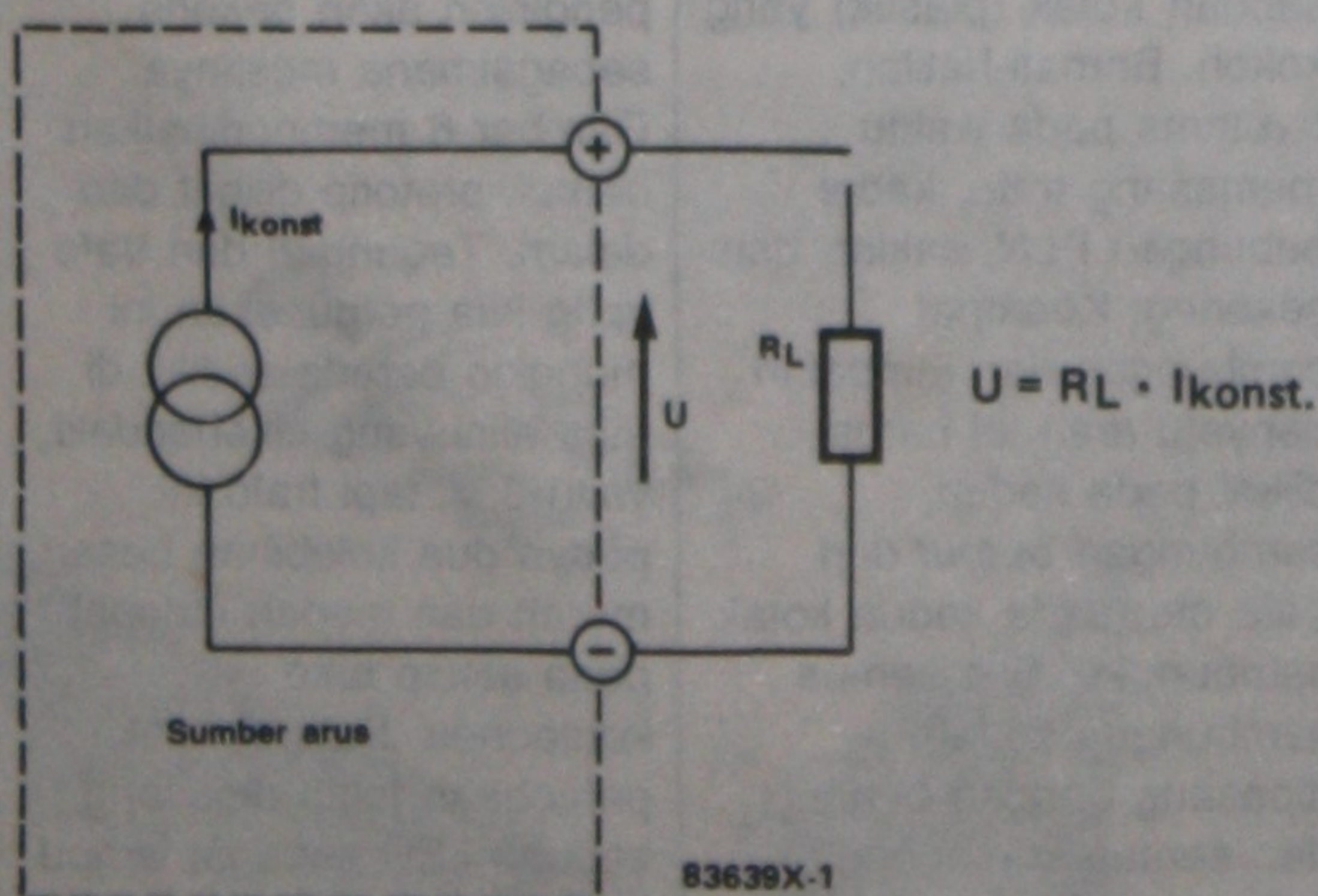
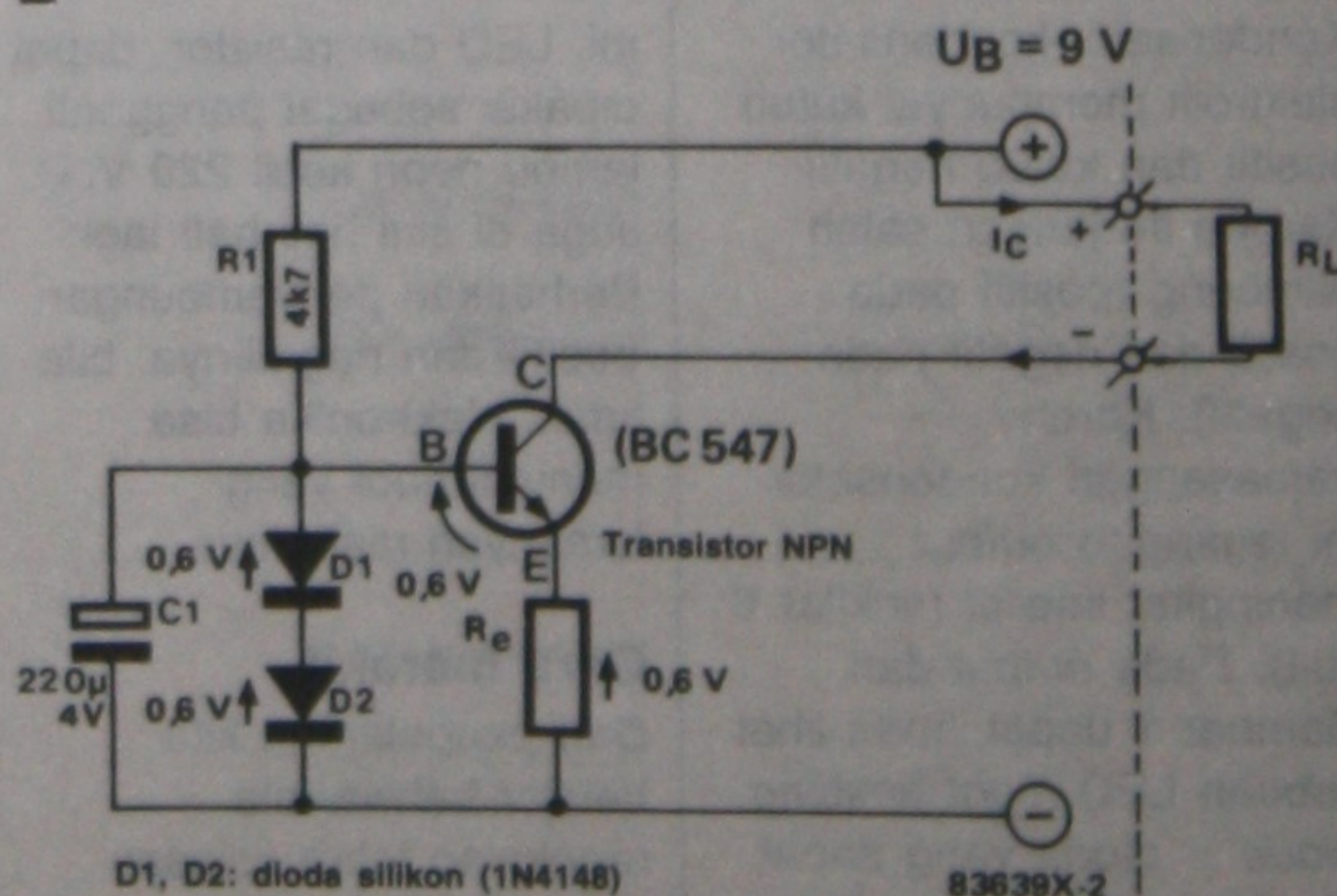
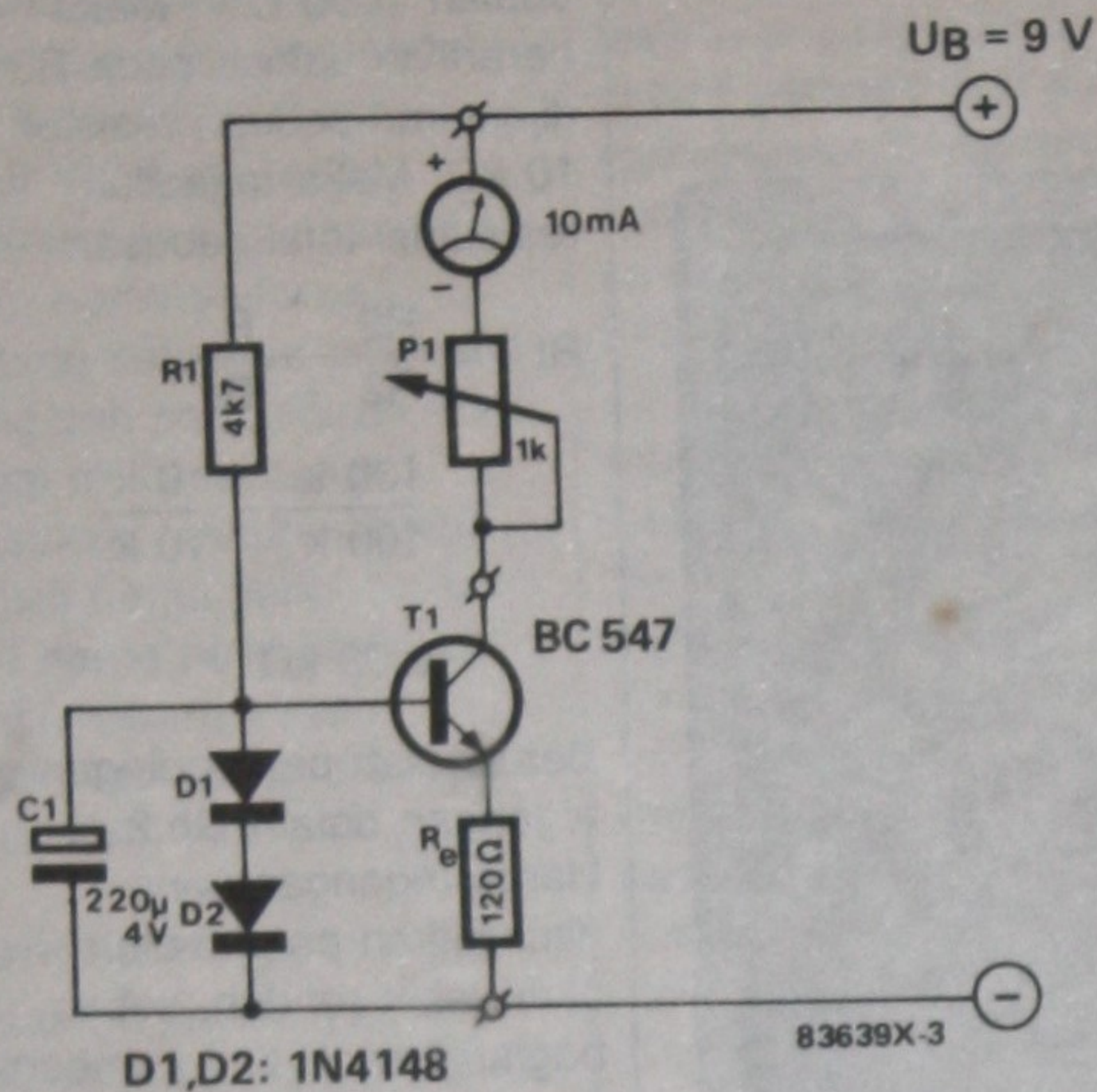
83639X-3

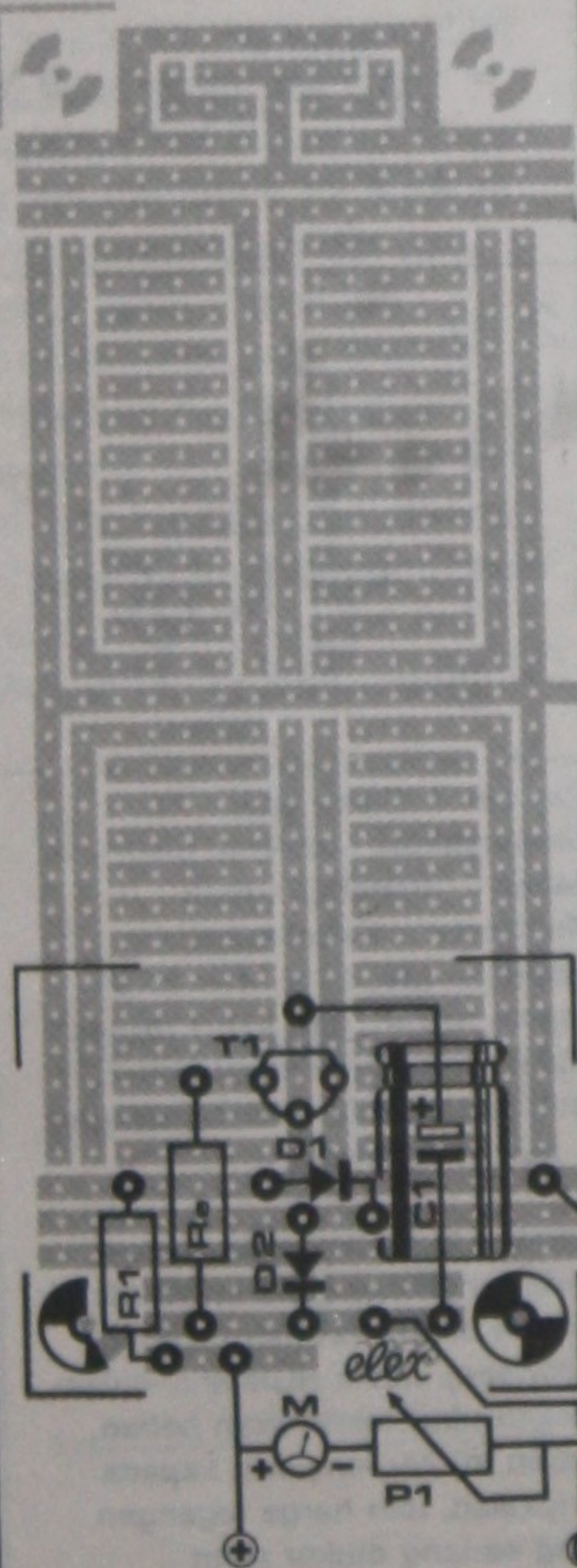
4

$U_B = 9$ V

C1 220µ 4V, D1, D2, R_e 120Ω, T1 BC 557, R1 4k7, I_C, R_L

D1,D2: 1N4148

83639X-4

Gambar 3: Untuk menguji sumber arus, dapatlah digunakan potensiometer 1 kohm sebagai beban.

Gambar 4: Rangkaian sumber arus dengan transistor PNP. Beban berkoneksi dengan min.

dideretkan dengan multimeter (Gb. 3). Kalau potensiometer diputar-putar, simpangan jarum alatukur boleh dikata konstan. Kalau salah satu terminal pemakai arus perlu dihubungkan kepada min, maka dapatlah diterapkan rangkaian Gb. 4. Pada dasarnya kerjanya adalah sama saja, hanyalah transistor NPN ditukar dengan PNP. Kondensator C1 meninggikan kemantapan tegangan basis dan dengan demikian juga meninggikan kemantapan arus yang dikeluarkan. Untuk keperluan eksperimen, rangkaian akan dapat dipasang pada papan-cetak yang perkawatannya dapat mencontoh Gb. 5. Ini adalah rangkaian yang menerapkan transistor NPN dari Gb. 3. Pencatu adalah baterai 9 V. ●

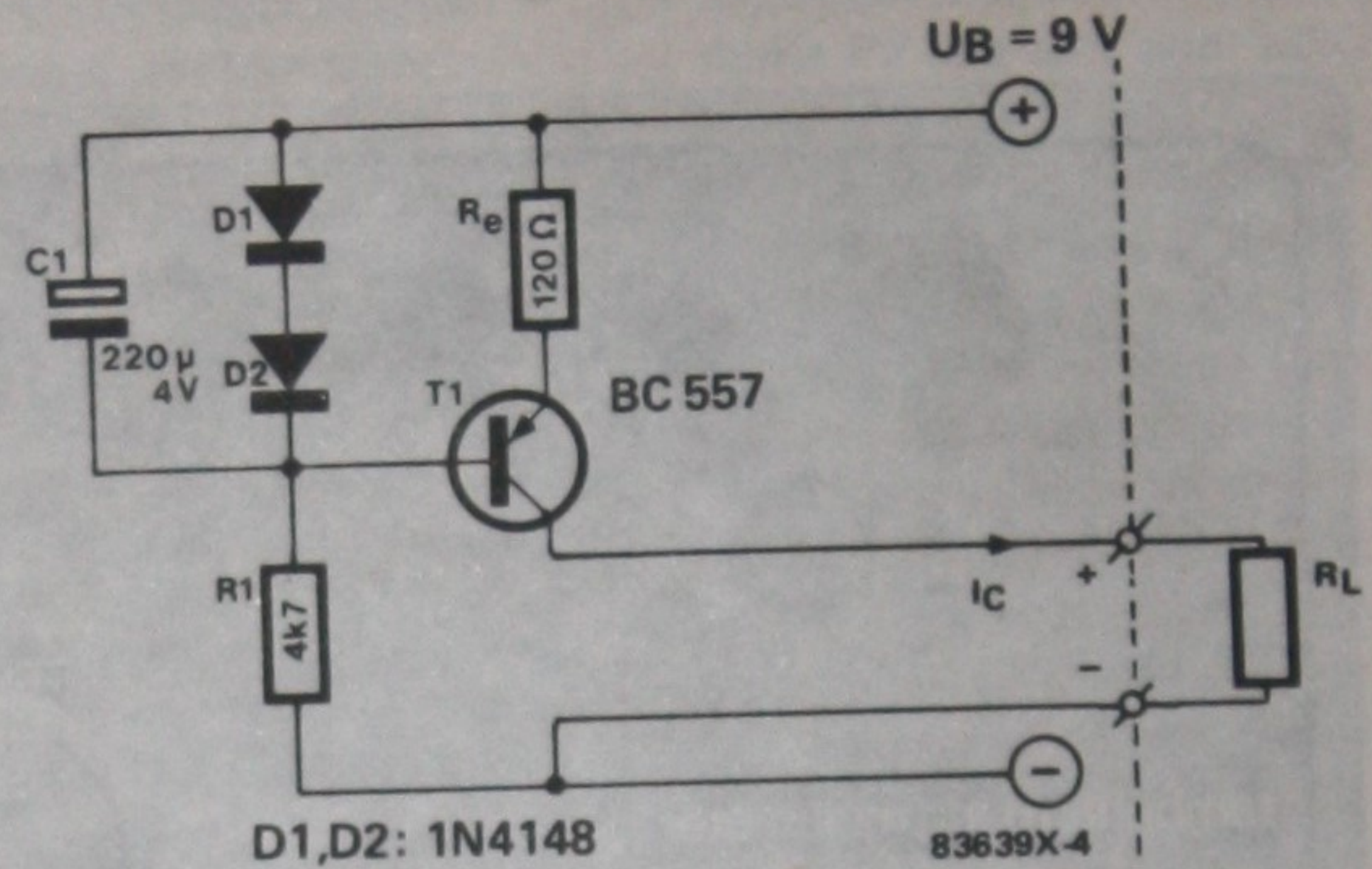
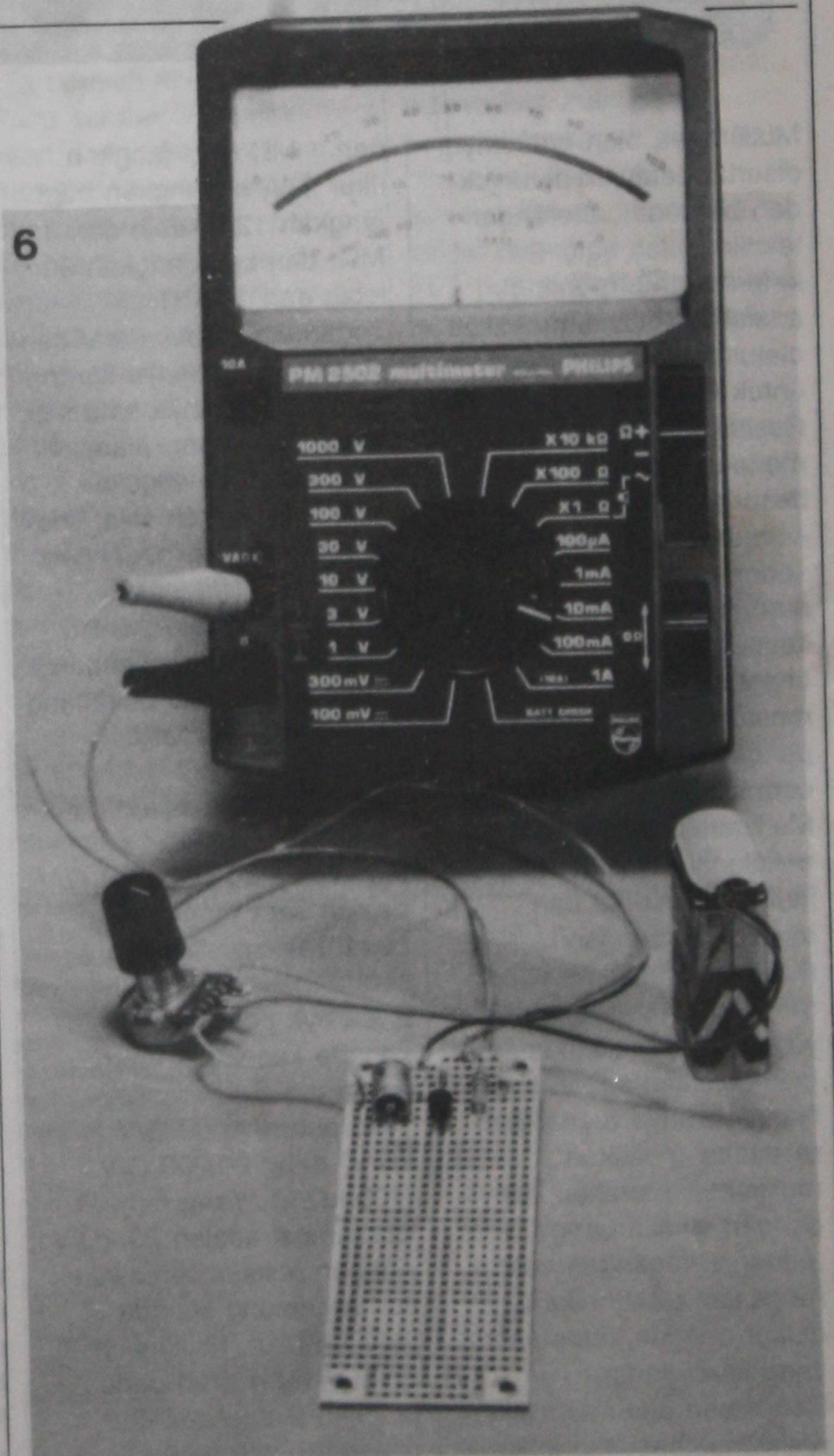
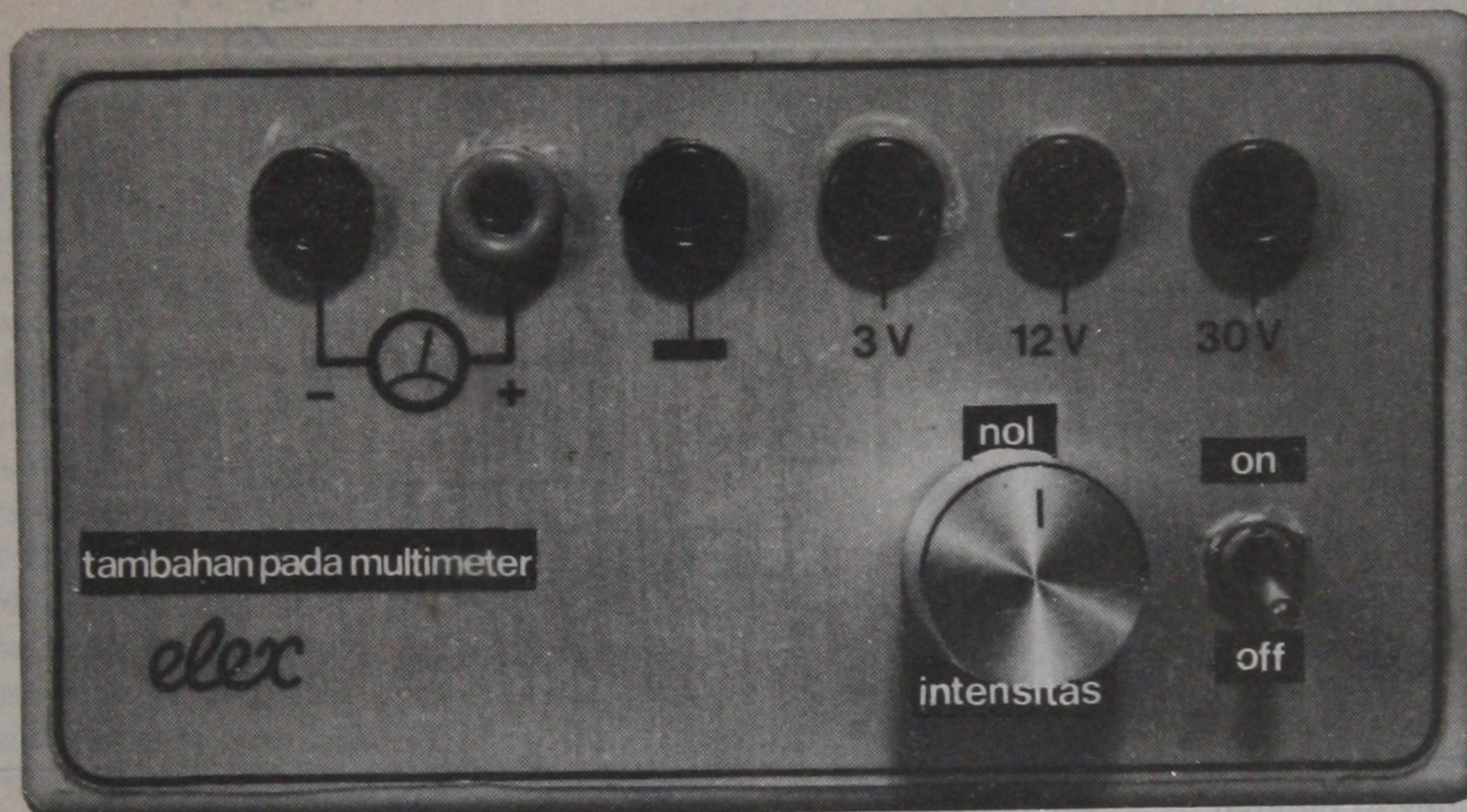
5

T1, D1, D2, C1, R1, R_e, M, P1, elex

Gambar 5: Rangkaian untuk bereksperimen, terpasang pada papan-cetak.

6

PM 2502 multimeter PHILIPS

Gambar 6: Rangkaian eksperimen yang sudah selesai dibangun. Kalau potensiometer diputar-putar, simpangan jarum alatukur boleh dikata tidak berubah.

3. AKAL TAMBAHAN UNTUK MULTIMETER

Multimeter, oleh pabriknya, disertai petunjuk-petunjuk dan berbagai keterangan teknik. Salah satu keterangan terpenting adalah resistansi-masukan alatukurnya bila dipakai untuk mengukur tegangan. Resistansi-masukan ini menentukan seberapa besarkah pengaruh alatukur kepada rangkaian yang sedang diukurnya, jadi merupakan ukuran bagi kecermatan hasilnya. Makin tinggi nilai resistansi-masukan, makin kecillah pengaruhnya, dan makin cermatlah hasil ukur. Multimeter dengan resistansi masukan tinggi jauh lebih mahal dari multimeter dengan resistansi-masukan yang rendah. Namun rangkaian yang akan kita bahas ini membuktikan sebaliknya. Rangkaiannya menaikkan resistansi-masukan multimeter murahan hanya dengan sedikit uang. Maka tegangan-tegangan dalam rangkaian elektronika akan diukur dengan kecermatan yang lebih tinggi. Rangkaian akan memiliki resistansi-masukan lebih dari 1 MΩ bagi jangkah ukur 3 V, sedangkan bagi jangkah 12 V lebih dari 4 MΩ, dan bagi jangkah 30 V lebih dari 10 MΩ. Tegangan catunya 9 V dan pemakaian arusnya kurang dari 1 mA. Hanya satu saja kekurangan rangkaian: hanya dapat mengukur tegangan searah saja, tidak dapat mengukur tegangan bolakbalik. Untunglah bahwa dalam elektronika kita lebih banyak mengukur tegangan searah ketimbang tegangan bolakbalik.

ohm/volt

ohm/volt atau disingkat Ω/V adalah cara menyatakan besar resistansi dalam sebuah multimeter. Besarnya bergantung kepada kepekaan (dan harga rupiah) perantinya, yaitu antara 1000 Ω/V (1 kΩ/V) dan 100.000 Ω/V (100 kΩ/V). Yang banyak kita jumpai adalah 20 kΩ/V. Adapun resistansi-masukan itu bergantung kepada jangkah-ukur. Multimeter 20 kΩ/V yang ditaruh pada jangkah 2 V, memiliki resistansi-dalam 40 kΩ. Kalau peranti itu ditaruh pada jangkah-ukur 10 V, maka resistansi-masukannya menjadi 200 kΩ (= 10 V × 20 kΩ/V = 200 kΩ). Berapa besarkah pengaruh resistansi-dalam kepada sesuatu pengukuran? Hal ini pertama-tama ditentukan oleh besar resistansi-dalam tersebut, tetapi juga bergantung kepada nilai-nilai resistansi yang ada di dalam rangkaian yang sedang diukur. Hal ini akan kita jelaskan dengan menggunakan pembagi-tegangan dari Gb.2.
Tegangan pada R2 adalah:

$$U_2 = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot U$$

$$= \frac{100\ k\Omega}{100\ k\Omega + 10\ k\Omega} \cdot 9\ V$$

$$= 8{,}18\ V$$

Untuk mengukur tegangan ini, kita jajarkanlah multimeter pada R2. Misalkan bahwa kita pakai jangkah-ukur 10 V, dan resistansi-masukan peranti adalah 1000 Ω/V. Maka berartilah bahwa pada R2 dijajarkan sebuah resistor 10 kΩ. Maka terjadilah resistansi total sebesar:

$$Rt = \frac{R2 \cdot R_i}{R2 + R_i}$$

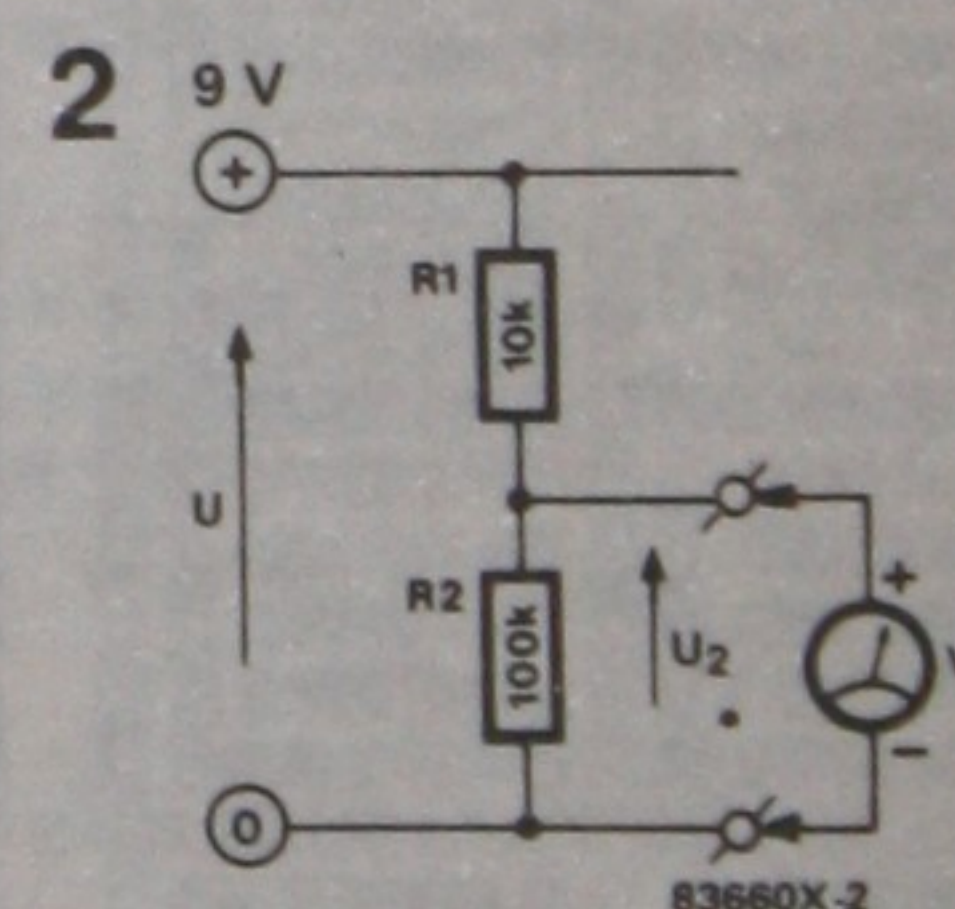
$$= \frac{100\ k \cdot 10\ k}{100\ k + 10\ k}$$

$$= 9{,}09\ k\Omega$$

Berubahlah perbandingan tegangan dalam Gb.2. Harga tegangan yang ditunjukkan peranti-ukur akan lebih rendah, sebab bagian bawah dari pembagi tegangan tidak hanya ditentukan oleh R2, melainkan oleh R2 yang berjajar dengan R_i, yaitu 9,09 kΩ. Menjadi seberapa besarkah sekarang perbandingan tegangan, mudah dihitung:

$$U_2 = \frac{Rt}{R1 + Rt} \cdot U$$

$$= \frac{9{,}09\ k}{10\ k + 9{,}09\ k} \cdot 9\ V$$

$$= 4{,}29\ V$$

Gambar 1: Salah satu kemungkinan tata-letak panel-depan "Tambahan untuk Multimeter". Kabel-kabel masukan (3V, 12 V, dan 30 V) adalah merah, dan kabel massa hitam. Koneksi-koneksi untuk multimeter perlu ditandai dengan + dan yang jelas.

Gambar 2: Dalam pengukuran pada rangkaian elektronika (dalam contoh di sini sebuah pembagi tegangan), maka resistansi-dalam peranti ukur merupakan beban. Beban ini berpengaruh kepada rangkaian, dan harga tegangan yang sedang diukur akan berubah.

Tegangan ini sangat berlainan dari yang sudah kita ketemukan di atas (8,18 V). Pada setiap pengukuran tegangan kita perlu bertanya-tanya tentang seberapa besarkah pengaruh pengukuran. Kian tinggi nilai resistansi-masukan, kian kuranglah selisih harga yang terukur dari harga hasil hitungan. (Multimeternya tidak disertakan dalam hitungan-hitungan).

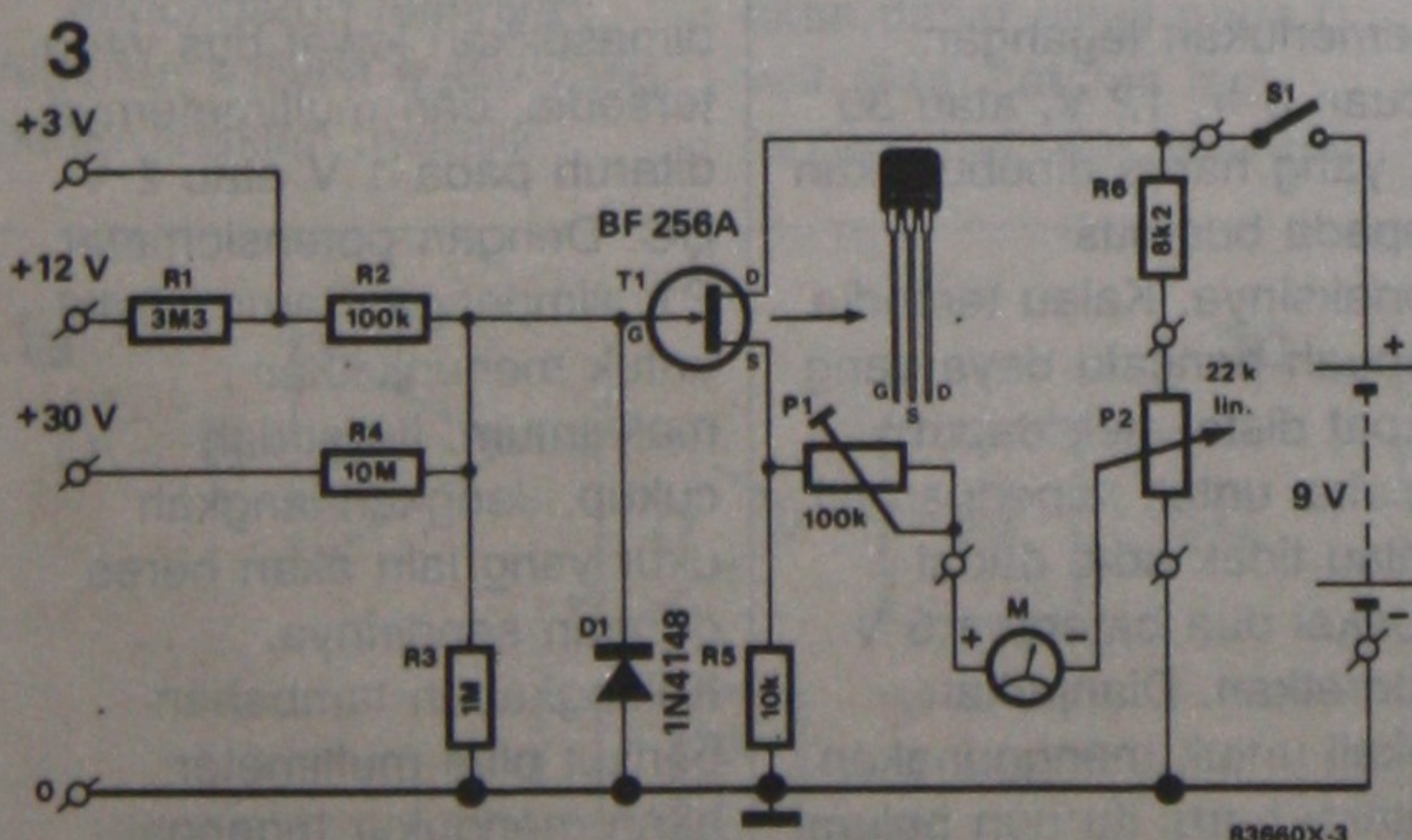
Rangkaiannya

Tidak begitu banyak komponen yang diperlukan untuk membangun rangkaiannya: beberapa resistor, termasuk sebuah potensiometer trim dan sebuah potensiometer biasa, satu dioda, satu transistor efek medan (FET) satu sakelar *on-off*, dan satu baterai 9 V.
Dalam rangkaiannya (Gb.3) transistor FET merupakan komponen yang terpenting. Jangan gusar dengan adanya transistor ini. Cara kerja transistor FET dapat kita bandingkan dengan cara kerja transistor lumrah. Fet juga memiliki tiga jalanmasuk: gerbang (G), sumber (S), dan cerat (D); dalam urut-urutan ini dapat dibandingkan dengan basis, emitor, dan kolektor transistor lumrah. Bedanya terletak dalam nilai resistansi yang ada di antara gerbang dan sumber (bandingkan: basis-emitor). Dalam FET, resistansi ini sangat tinggi, lazimnya beberapa Mohm. Karena itu tidak akan ada arus mengalir dalam gerbang. Sebaliknya pada basis transistor, ada arus. Maka inilah bedanya: FET dikemudikan oleh *tegangan* yang ada pada gerbang (terhadap sumber), sedangkan transistor dikemudikan oleh *arus* di dalam basis.
Karena itu rangkaian yang menerapkan FET dapat memiliki resistansi-dalam yang sangat tinggi. Komponen-komponen yang menentukan besar resistansi-dalam pada rangkaian ini, digambar secara terpisah dalam Gb.4. Resistansi rGS merupakan resistansi yang ada di antara gerbang *(Gate)* dan sumber *(Source)*. Ini berderet dengan R5, dan keseluruhannya berjajar pula dengan R3. Karena rGS berada dalam daerah Giga-ohm, yaitu kira-kira 100-kali besar dari R3, maka resistansi-total dari rangkaian jajar ini secara praktis ditentukan hanya oleh R3. Kalau harga-harga bagi R1 sd R4 kita masukkan, maka dengan mudah resistansi-masukan bagi berbagai jangkah dapat diketemukan: jangkah 3 V adalah 1,1 MΩ (R2 + R3), jangkah 12 V adalah 4,4 MΩ (R1 + R2 + R3) dan jangkah 30 V 11 MΩ (R3 + R4).
Transistor FET dirangkaikan sebagai pengikut sumber, artinya: tegangan keluaran pada sumber mengikuti tegangan masukkan di gerbang. Rangkaian ini sepadan dengan rangkaian pengikut emitor. Faktor penguatan sebuah FET adalah sedikit kecil dari 1. Itu tidak apa, sebab untuk penguatan itu kita beroleh imbalan lain. Pada sumber FET kita akan dapat dengan tenang menghubungkan sebuah multimeter (ataupun beban lain) tanpa berpengaruh kepada tegangan. Karena itu kita pun dapat mengukur tegangan sumber tanpa terjadi keliru-ukur.
Potensiometer 2, R6, R5 dan FET merupakan rangkaian jembatan. Jikalau tidak ada tegangan pada terminal-terminal masukan, maka FET akan menyetel diri sedemikian hingga pada sumbernya ada tegangan kira-kira 2 V. Untuk mencegah multimeter menunjukkan sesuatu nilai (dan ini bukan maksudnya, sebab tegangan masukan ada 0), maka P2 kita atur agar ada tegangan kompensasi sebesar 2 V juga. Selisih yang ada di antara pena-pena ukur pun menjadi 0 V, dan alat ukur menunjukkan 0.
Dengan P1 arus yang lewat multimeter dapat distel. P1 ini dipakai untuk mengatur-atur kedudukan jarum, agar pada sesuatu jangkah-ukur, ia menunjukkan simpangan maksimum. Hal ini akan kita bicarakan sekali lagi dalam bab penyetelan.
Dioda D1 berguna untuk pengamanan. Dapat terjadi, bahwa kita mengukur sesuatu tegangan yang tak diketahui, dan saling tertukar kawat positif dan kawat negatifnya. Maka FET pun akan memperoleh tegangan masukan negatif, tetapi D1 membatasinya sampai 0,6 V (yaitu tegangan yang diluluskan dioda).

Cara merakit

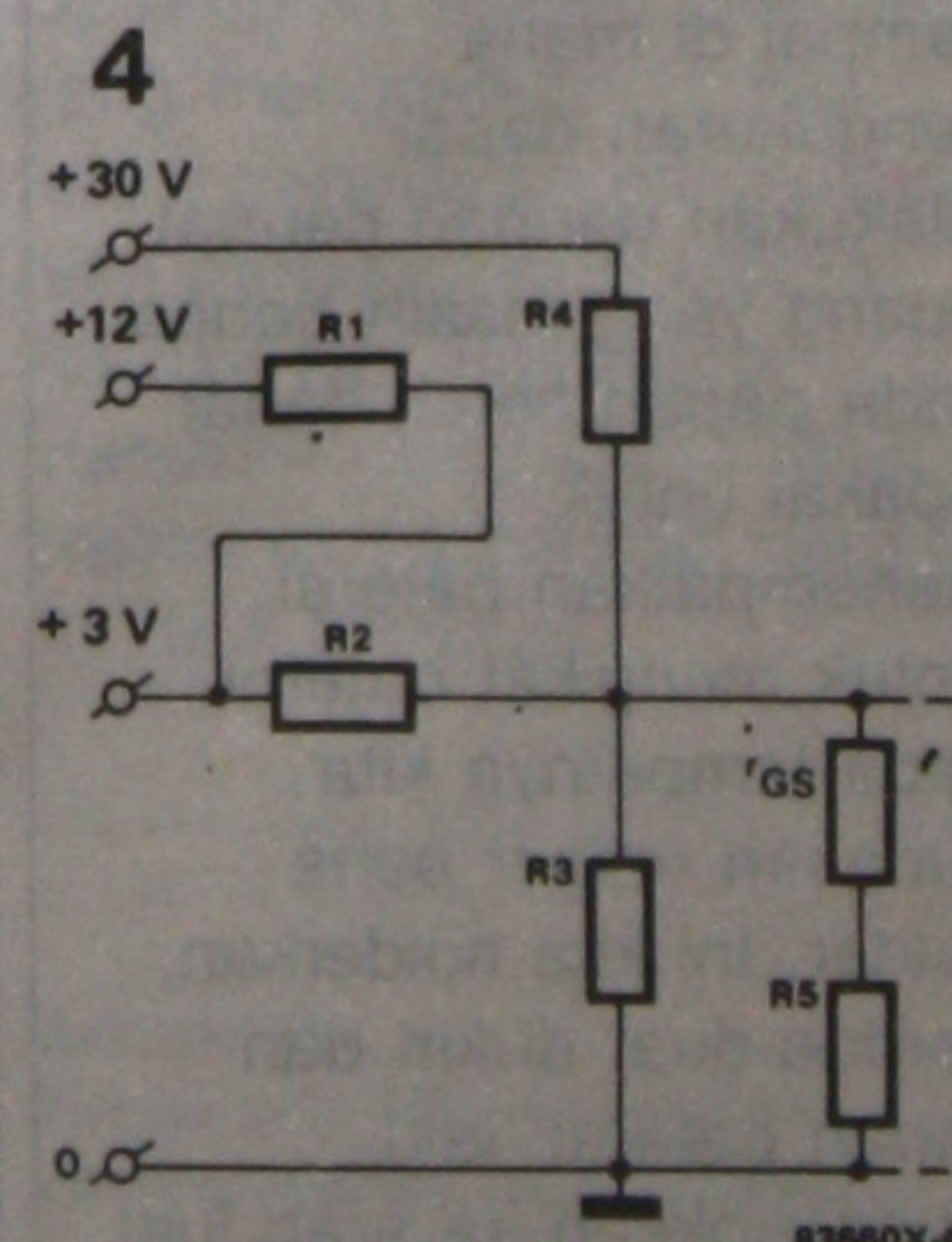
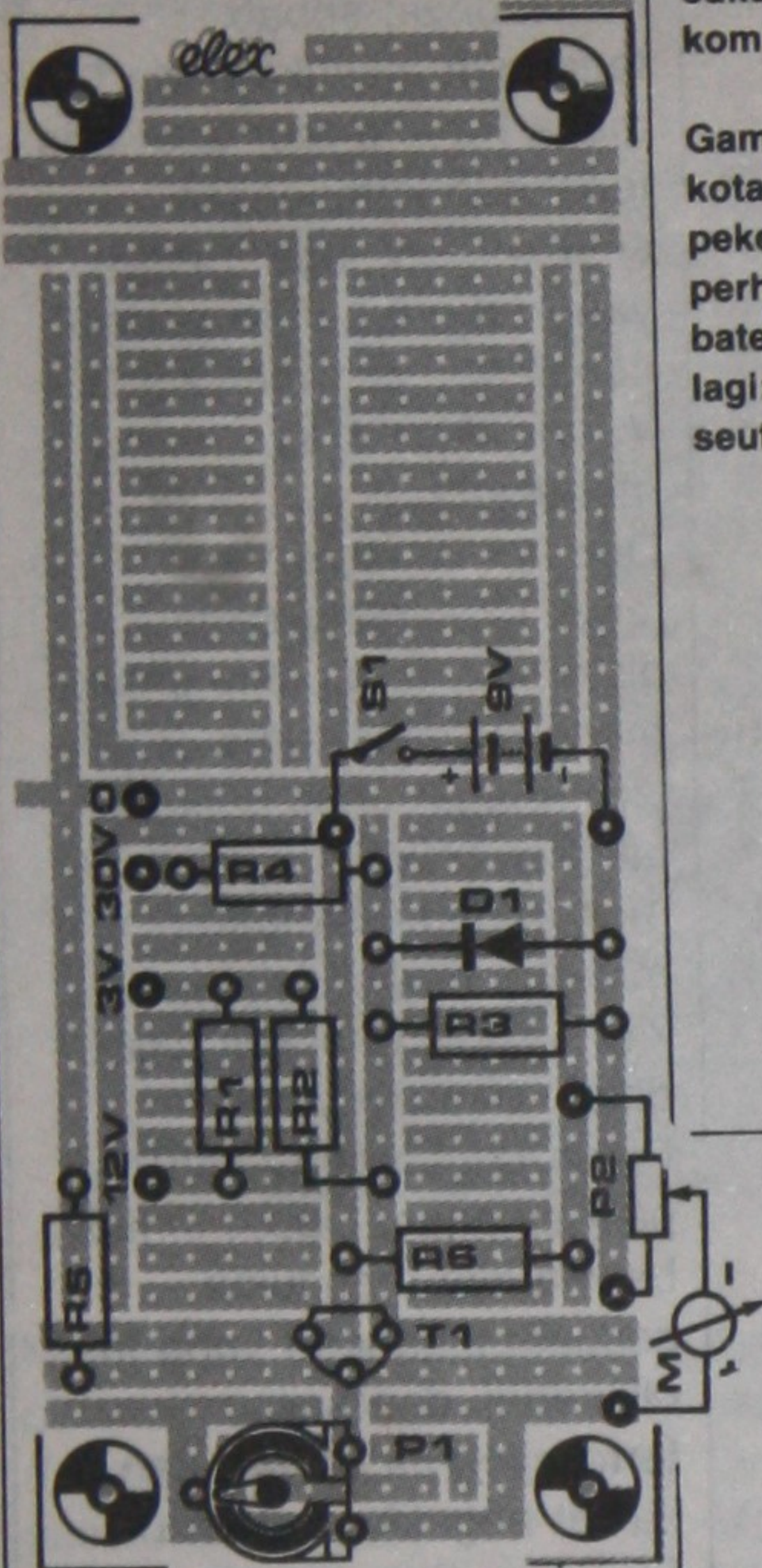
Semuanya dapat masuk dalam papan Elex yang terkecil (40 mm × 100 mm). Letak-letak komponen dikemukakan dalam Gb.5. Kita lihat bahwa semuanya sederhana; hanyalah dioda dan penempatan FET T1

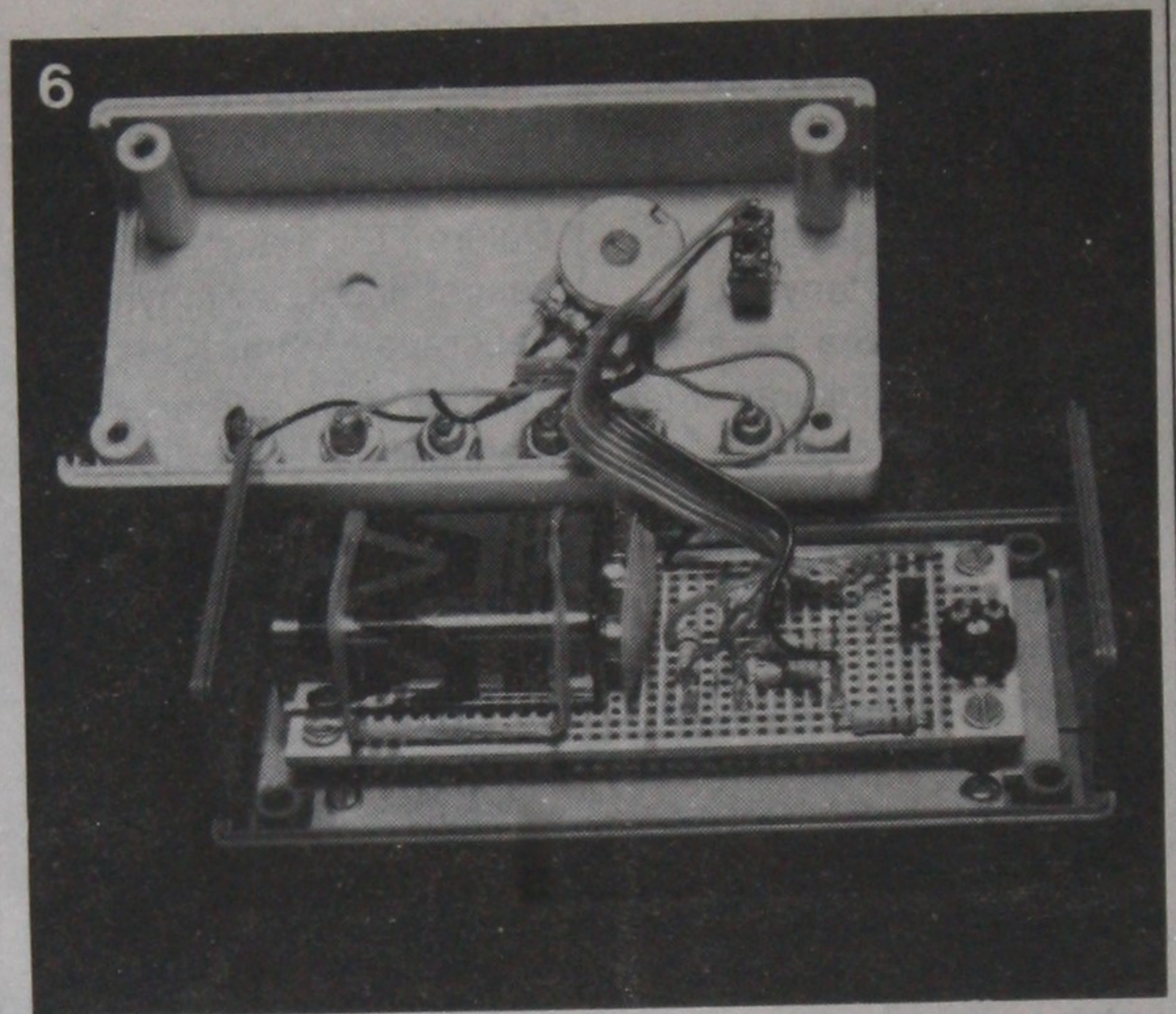
3

+3 V, +12 V, +30 V, 0, R1 3M3, R2 100k, R4 10M, R3 1M, D1 1N4148, R5 10k, BF 256A, T1, G, D, S, P1 100k, R6 8k2, P2 22 k lin., M, S1, 9 V, 83660X-3

Gambar 3: Dalam rangkaian tambahan bagi multimeter ini, transistor FET (T1) merupakan peran terpenting. Karena resistansi masukannya sangat tinggi, rangkaian boleh dikata tidak merupakan beban.

4

+30 V, +12 V, +3 V, 0, R1, R2, R3, R4, R5, rGS, 83660X-4

Gambar 4: Resistansi-masukan total ditentukan terutama oleh R1 sd R4.

Gambar 5: Pada papan cetak cukup ruang untuk semua komponen, termasuk bateranya.

Gambar 6: Pemasukan ke dalam kotak juga tidak merupakan pekerjaan sulit. Terutama perhatikanlah cara menempatkan baterai. Tidak dapat lebih murah lagi: empat pena solder dan seutas karet.

Daftar komponen:

R1 = 3,3 MΩ,1%
R2 = 100 kΩ,1%
R3 = IMΩ,1%
R4 = 10 MΩ,1%
R5 = 10 kΩ
R6 = 8,2 kΩ
P1 = 100 kΩ, (trimpot)
P2 = 22 kΩ (potensiometer)
D1 = IN4148
T1 = BF 256 A (FET)

Lain-lain:

S1 = Sakelar on/off, satu kutub
1 baterai 9 V
1 papan cetak 40 × 100 mm
6 bus terminal untuk tusukan banana (3 merah, 1 hitam, dan 2 berwarna lain)
tombol untuk potensio P2
pena solder
kawat montase
kotak

perlu diperhatikan. Dianjurkan untuk memilih resistor selaput-logam *(metalfilm)* bagi R1 sd R4, dengan toleransi 1%. Tentu saja resistor karbon dengan toleransi 5% akan dapat juga dipakai, tetapi akan kurang cermat. Sebab R1 sd R4 merupakan pembagi-pembagi masukan. Kecermatan yang dikenakan kepada pembagian tegangan masukan menentukan pula sampai di mana pengukuran dapat dilakukan dengan cermat. Ruang yang masih bebas pada papan cetak dapat dipakai untuk menempatkan baterai. Untuk mengikat baterai pada tempatnya kita gunakan empat pena solder. Ini kita solderkan, berdua-dua, di kiri dan kanan baterai, lalu dibengkokkan ke arah luar dengan sebuah tang kecil. Kita rentangkan karet pada pena-pena itu, dan baterai pun akan tertambat di tempatnya, Gb.6. Kabel-kabel (bus) masukan dan juga kabel bagi multimeter kita pasang pada panel depan. Hal ini juga berlaku bagi P2 dan saklar *on-off*.. Koneksi dengan papan-cetak dilakukan dengan kawat-kawat lemas.

Penyetelan

Kalau rangkaian sudah jadi, dan baterai sudah pula terpasang, dapatlah dilakukan pengujian. Tegangan pada sumber T1 harus kira-kira 2 V, bila tidak ada apa-apa yang disambungkan pada terminal masukan. Kalau ini benar, maka multimeter dapat dihubungkan. Yang terbaik adalah multimeter dari 20 kΩ/V yang ditaruh pada jangkah tegangan DC (1 V atau 2 V). Perhatikanlah bahwa polaritas pena-pena ukur benar; kalau tidak benar, jarum akan menyimpang ke arah terbalik. Dengan P2 kita atur agar jarum menunjukkan tepat O V. Sumbu P2 sudah terpasang menonjol ke luar, sebab potensiometer perlu dapat diatur-atur, sekiranya baterai sudah mulai lemah. Kemudian perlu diatur pula simpangan penuhnya. Seharusnya untuk keperluan ini kita memerlukan tegangan acuan 3 V, 12 V, atau 30 V, yang harus dihubungkan kepada bus-bus koneksinya. Kalau tersedia sebuah pencatu daya yang dapat distel-stel, dapat dipakai untuk keperluan ini. Kalau tidak ada, dapat dipakai dua baterai 1,5 V dideretkan. Dianjurkan sekali untuk menggunakan baterai baru; itu pun belum tentu bahwa tegangan yang diberikan adalah tepat 3 V. Akan disayangkan, kalau kecermatan tidak dapat diperoleh sesudah dengan susah payah kita mengusahakan resistansi-masukan yang tinggi. Karena itu dianjurkan untuk mencari-cari pinjaman alatukur-volt digit untuk keperluan penandingan. Dengan demikian masih akan dapat didapatkan kecermatan yang lebih baik. Bagaimana pun juga, tegangan acuan perlu dimasukkan lewat bus yang tersedia, dan multimeternya ditaruh pada 1 V atau 2 V DC. Dengan potensiometer P1, simpangan jarum distel untuk menunjukkan maksimum. Itu sudah cukup. Jangkah-jangkah ukur yang lain akan beres dengan sendirinya. Kelengkapan tambahan berikut plus multimeter akan mengukur tegangan-tegangan dengan sangat cermat. ●

4. ALATUKUR — MILIVOLT AUDIO

Mengukur tegangan bolakbalik kecil-kecil dengan multimeter "biasa" hampir tidak dapat dilakukan. Tegangan bolakbalik yang kecil-kecil ada kalanya juga kita jumpai dalam elektronika. Kita ingat misalnya pada penguat depan MD *(magneto dinamic)*. Tegangan bolakbalik yang dihasilkan unsur MD hanyalah beberapa milivolt (antara 2 .... 10 mV). Karena itu tegangan ini perlu dikuatkan terlebih dulu, sebelum diolah lebih lanjut. Penguatan itu dilakukan oleh penguat depan MD. Penguat ini menguatkan isyarat MD sampai setinggi kira-kira 50 .... 200 mV. Namun tegangan keluaran dari penguat ini pun hampir-hampir tak terukur juga dengan multimeter biasa. Alatukur itu mempunyai dua kekurangan:

1. Jangkah tegangan bolakbalik yang paling kecil adalah terlampau besar untuk memungkinkan dibacanya harga-harga dalam milivolt.
2. Dalam jangkah ukur tersebut, resistansi dalam multimeter adalah terlampau kecil hingga pengukuran sangat terpengaruh olehnya.

Alatukur milivolt audio yang benar tidaklah memiliki kekurangan-kekurangan itu. Ia memang sudah khusus dirancang agar tegangan bolakbalik 50 mV dapat ditunjukkan dengan simpangan jarum skala penuh. Impedansi masukannya adalah demikian tinggi hingga pengukuran pada rangkaian beresistansi tinggi pun masih dimungkinkan. Kecermatan dalam jelajahan audio antara 20 hingga 20.000 hz hanyalah ditentukan oleh kualitas kumparan putar yang digunakan. Barulah pada frekuensi-frekuensi tinggi perlu diperhatikan adanya keliru ukur: pada 40 khz keliru ukur adalah 5%, dan pada 120 khz menjadi 30%.

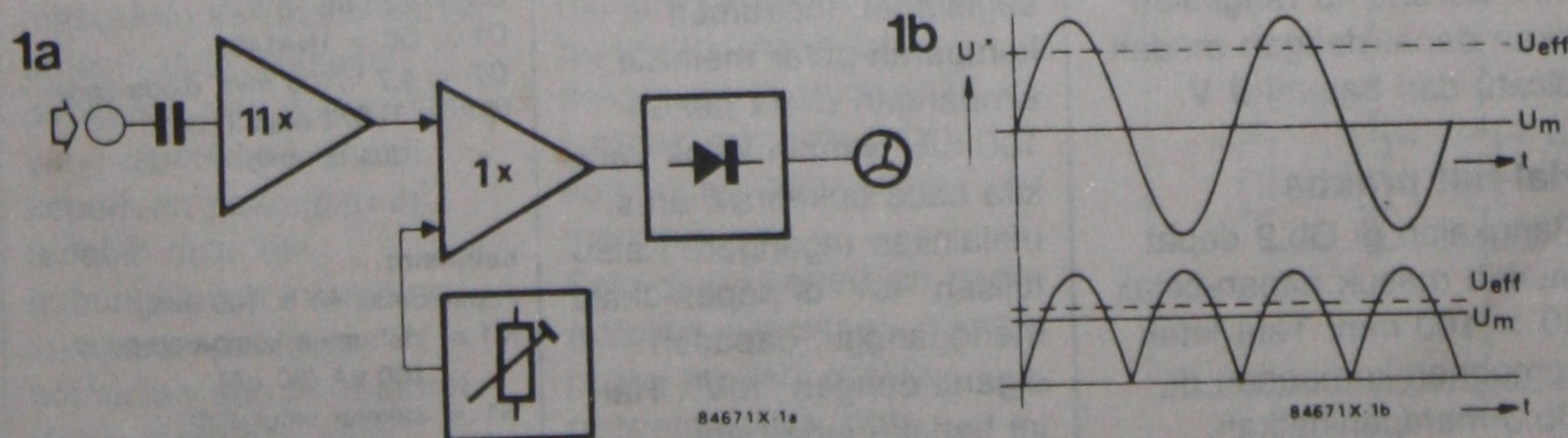
Skema bloknya

Skema blok alatukur-milivolt audio kita dikemukakan di Gb.1a. Mula-mula isyarat yang akan diukur dikuatkan 11-kali. Penguat berikutnya yang ditandai "1X", bersama dengan blok dioda, membentuk sebuah penyearah aktif yang mengubah tegangan bolak balik yang sudah dikuatkan menjadi tegangan searah. Kalau sedang tidak ada isyarat masukan, maka dengan potensiometer peranti ukur akan dapat distel pada 0 volt. Satu catatan lagi tentang hal nilai tegangan yang diukur. Dalam Gb.1b dilukiskan tegangan yang hendak diukur U dan tegangan yang ada pada kumparan-putar. Pada penyearah rangkap, kumparan-putar menunjukkan harga rata-rata U_m dari tegangan hasil penyearahan. Biasanya kalau bekerja dengan tegangan bolakbalik, kita bekerja dengan harga efektif U_{ef}, sebab harga ini dapat dengan langsung ditandingkan dengan harga tegangan searah. Arus bolakbalik "efektif" menjangkitkan pada sesuatu resistor bahang yang sama besar dengan arus searah yang sama besar, pada resistor itu pula. Pada tegangan dan arus yang berbentuk sinus, perbandingan antara harga efektif dan harga rata-rata adalah konstan: harga efektif adalah 1,11 kali besar dari harga rata-rata. Dalam pekerjaan pengalibrasian alatukur kita kelak, hal ini akan kita perhatikan. Perbandingan antara harga efektif dan harga rata-rata itu dinamai faktor bentuk.

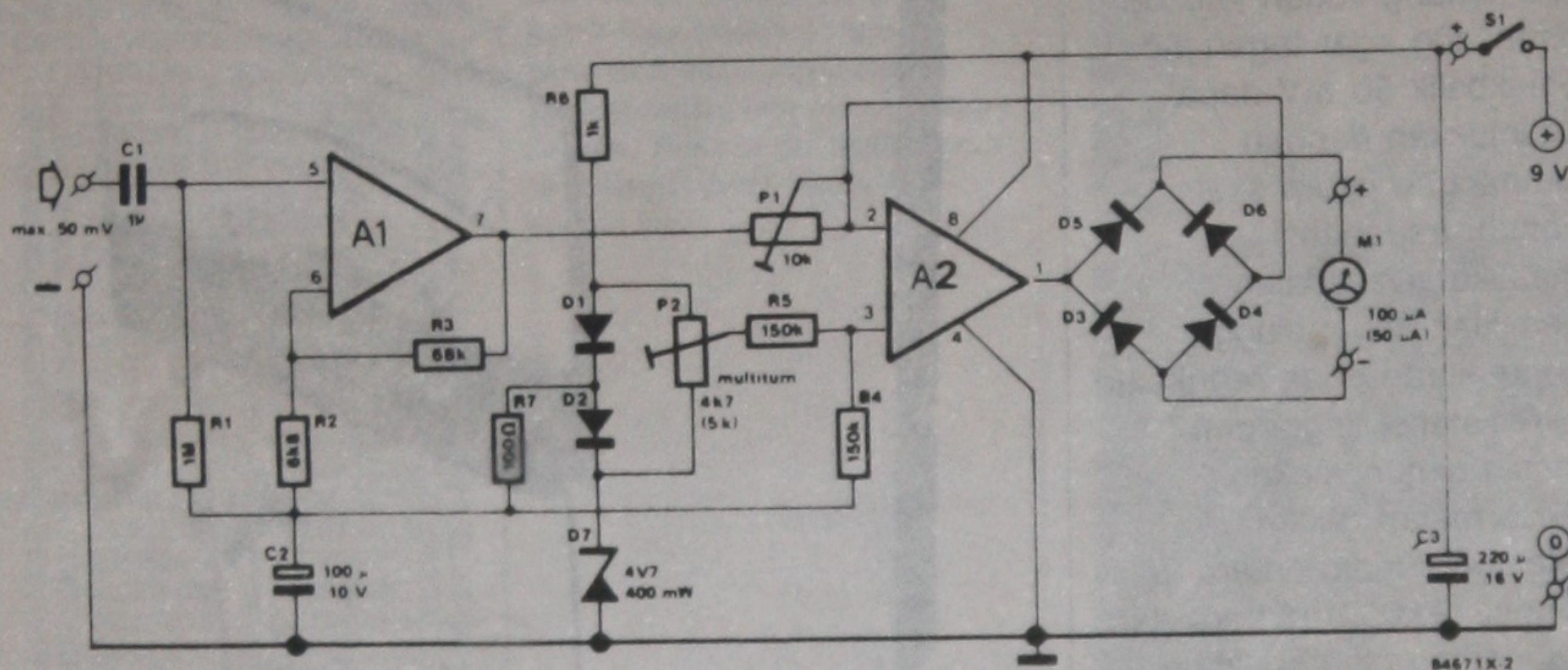
Skemanya

Dalam skema rangkaian di Gb.2, blok-blok dari Gb.1a mudah kita kenal kembali. Op-amp A1 adalah penguat yang menguatkan 11-kali; faktor penguatan ditentukan oleh perbandingan antara R3 dan R2. Resistansi masukan rangkaian adalah praktis sama dengan harga R1, jadi 1 Mohm.

1a — 11x — 1x — 84671X 1a

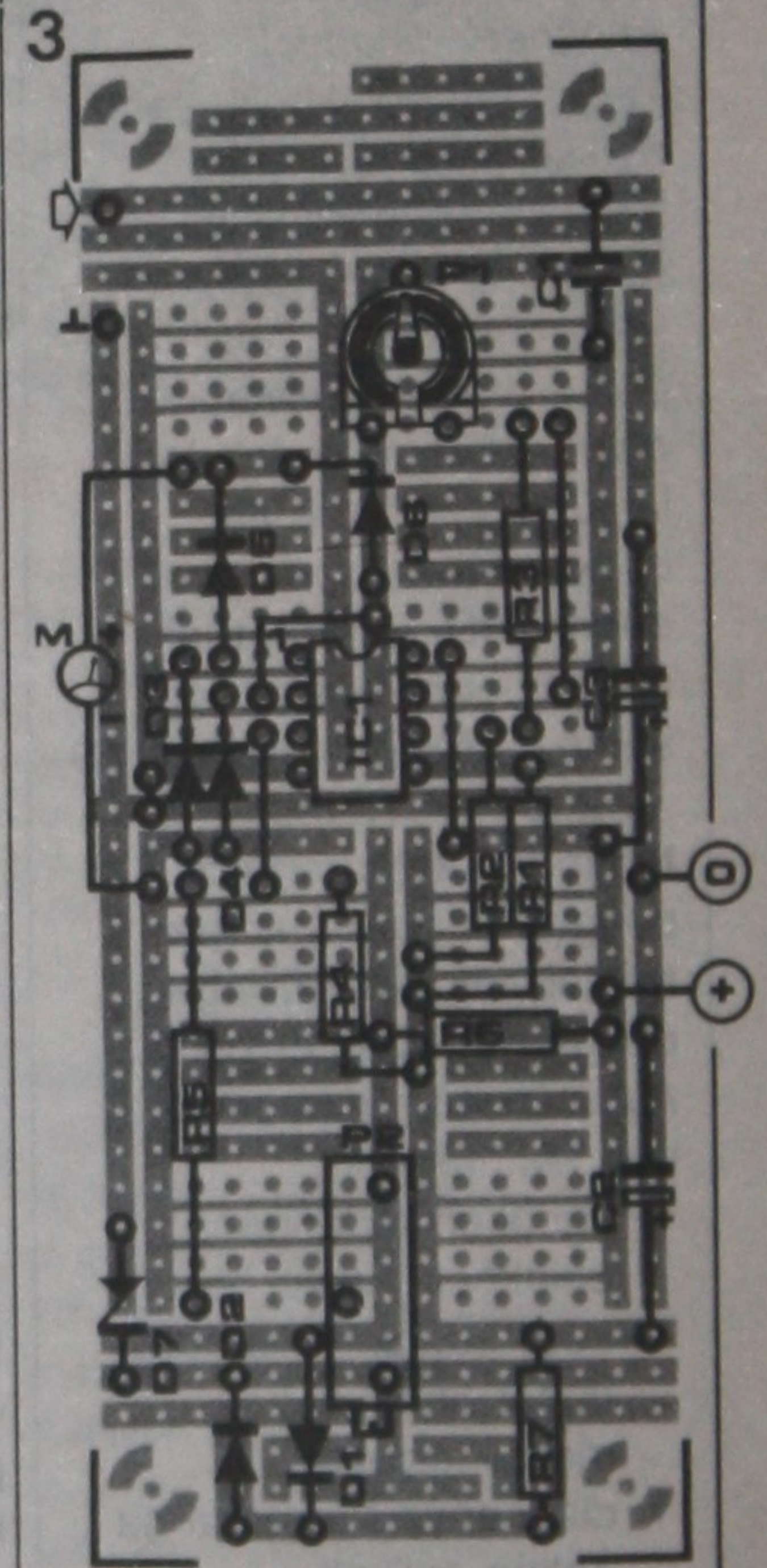
1b — U — U_{eff} — U_m — t — 84671X 1b

Gambar 1: Skema blok alatukur-milivolt memperlihatkan dengan jelas bagaimanakah dalam garis besarnya bentuk bangunannya.

Gambar 2:
Dalam skema kita lihat, dari kiri ke kanan: penguat yang menguatkan 11-kali A1, sumber tegangan acuan (berintikan D1, D2 dan D7), dan penyearah aktif bentuk jembatan A2.

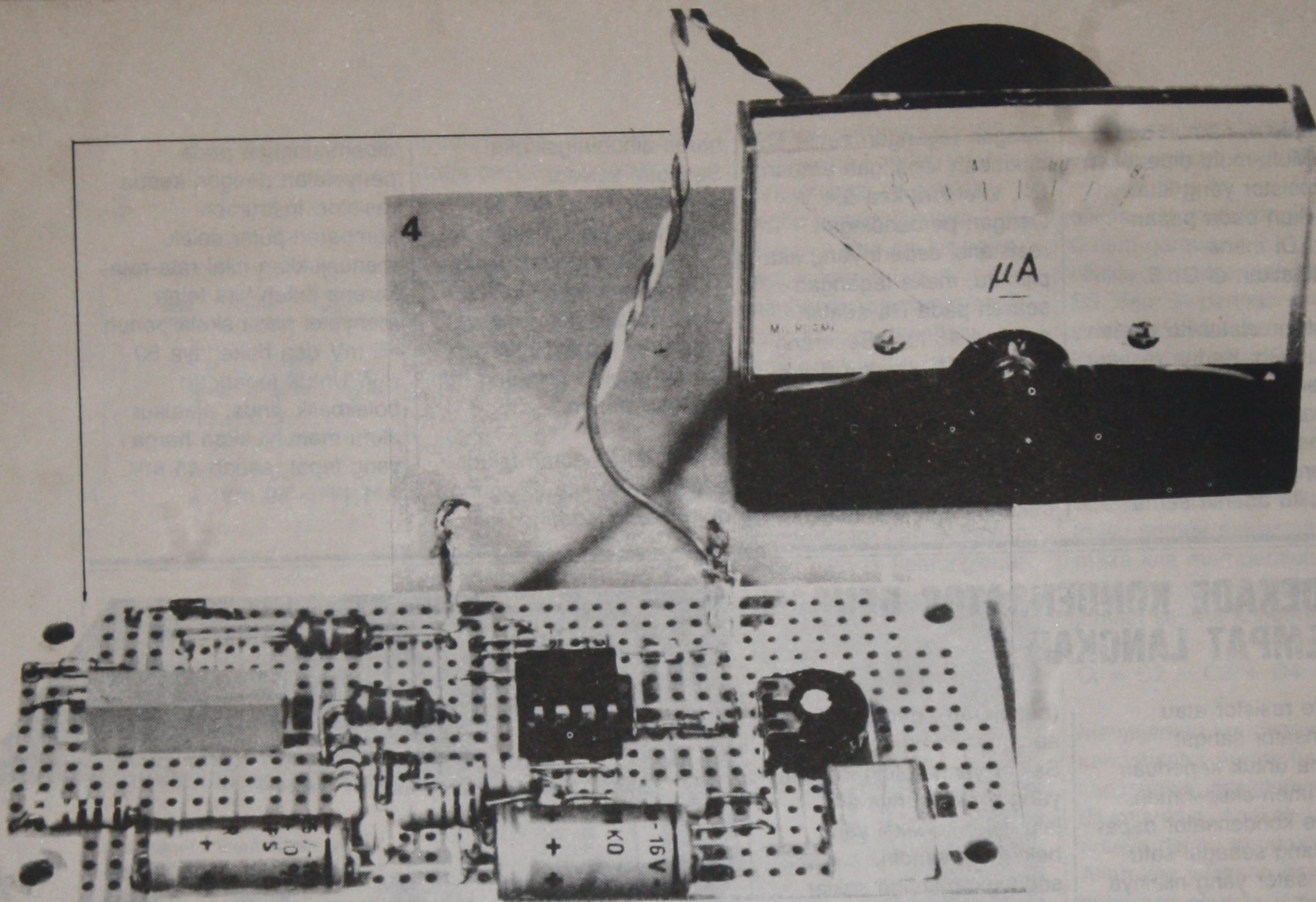
Gambar 3:
Tata letak komponen-komponen adalah luas dan sudah jelas hingga tidak memerlukan keterangan tambahan.

Kemudian menyusul op-amp A2 dengan dioda-dioda D3 ... D6 dalam umpanbaliknya (dari jalankeluar kembali ke jalanmasuk menjungkirkan). Oleh karena tempatnya yang "aktif" maka kita tidak dirugikan oleh adanya tegangan ambang dioda-dioda (yang pada dioda silikon adalah kira-kira 0,6 V). Memang hal ini disengajakan; kalau tidak rangkaian tidak dapat menyearahkan tegangan bolakbalik kecil-kecil. Komponen-komponen R6, D1, D2, dan D7 menjabarkan suatu tegangan acuan yang setinggi kira-kira separoh dari tegangan catu. Tegangan acuan ini, lewat R7, R1, R2, dan R4 pergi ke dua jalanmasuk A1 dan jalamsuk menjungkirkan di A2. Maka pada jalanmasuk-jalanmasuk op-amp terdapatlah tegangan searah yang sangat stabil. Dengan cara itu kita telah menciptakan pencatuan yang simetrik bagi kedua op-amp dengan hanya satu baterai 9 V. Selain itu tegangan acuan itu kelak akan kita gunakan dalam pekerjaan penyetelan.

Jikalau tidak ada isyarat masukan, maka alatukur harus menunjukkan tepat 0. Ini dapat terlaksana hanya kalau tegangan searah di kedua jalanmasuk A2 pada saat itu adalah tepat sama besar. Sedikit selisih saja sudah akan berakibat simpangan harga besar. Karena itulah P2 ditambahkan; dengan ini kita akan dapat menolkan alatukur apabila jalan masuk dihubungsingkat. Kalau sekarang ada tegangan bolakbalik muncul di jalanmasuk, maka tegangan ini disuperposisikan pada tegangan acuan (artinya mereka ditumpangkan satu kepada yang lain), lalu dikuatkan 11 kali, disearahkan, dan kemudian ditampilkan oleh alatukur. Pemakaian arus alatukur-milivolt adalah kecil saja: 6 mA. Karena itu rangkaian akan dapat dengan mudah dicatu dari baterai 9 V.

Hal-hal praktis

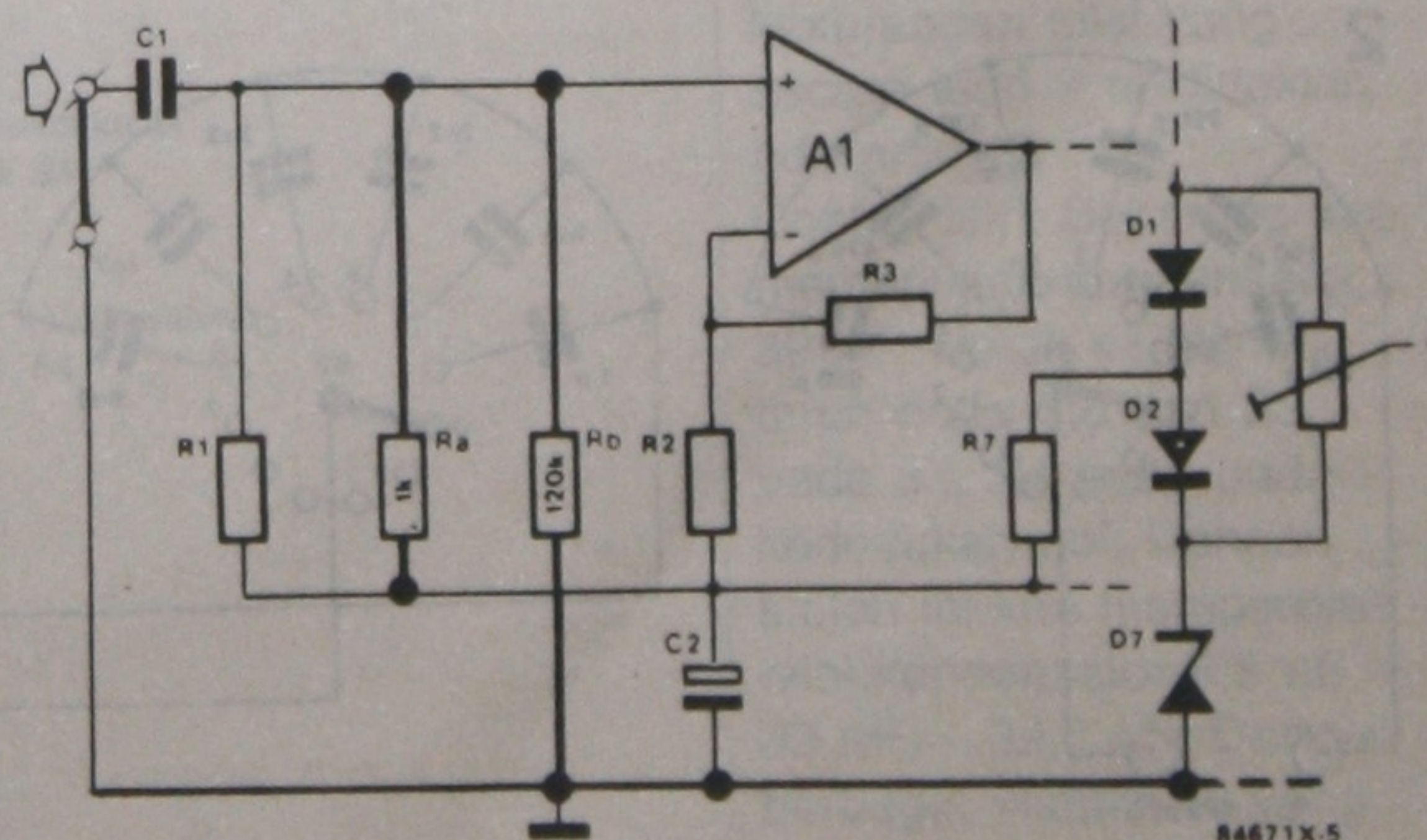
Rangkaian di Gb.2 dapat mudah masuk papan-cetak 40 × 100 mm. Tata letak komponen-komponen di Gb.3 memperlihatkan, bagaimanakah cara-cara menaruhkannya. Terlebih dulu yang disolderkan adalah keempat jembatan kawat dan resistor-resistor. Kemudian giliran potensio-potensio; P1 adalah potensio penyetel lumrah dan P2 adalah tipe yang dapat distel dengan sangat cermat. Pada elko, dioda-dioda, dan IC perlu diperhatikan bahwa mereka tidak terbalik pemasangannya. Hal ini berlaku juga bagi cara menghubungkan alatukur; ini ditandai dengan + dan −. Kondensator C1, meskipun kapasitasnya besar, bukanlah sebuah elko, melainkan sebuah kondensator foli. Kondensator ini lebih cocok untuk dipakai di sini. Pada foto 4 juga tampak bahwa C1 bukanlah elko; tipe yang kita pakai tidak bulat, melainkan bentuk segiempat. Instrumen kumparan-putar memiliki simpangan skala penuh 100 uA. Namun kelak yang kita baca bukannya arus, melainkan tegangan. Kalau tulisan "uA" di papan-skala mengganggu, dapatlah diganti dengan "mV". Hal ini berlaku juga bagi pembagian skalanya. Pada

Daftar komponen:
R1 = 1 MΩ
R2 = 6,8 kΩ
R3 = 68 kΩ
R4, R5 = 150 kΩ
R6 = .1 kΩ
R7 = 100
P1 = 10 kΩ pot penyetel
P2 = 4,7 kΩ (5 kΩ) atau 10 kΩ pot.
C1 = 1 uF; bukan elko
C2 = 100 uF/10 V
C3 = 220 uF/16 V
D1 ... D6 = 1N4148
D7 = 4,7 V/400 mW, dioda zener
IC1 = TL072 atau TL082 dua op-amp

Lain-lain:
papan-cetak 40 × 100 mm
M1 = instrumen kumparan-putar 100 uA (50 uA)
S1 = sakelar satukutub
baterai 9 V
jepitan baterai.

4

alatukur 100 uA skala tentu saja berjalan dari 0 hingga 100. Namun alatukur-milivolt memiliki simpangan skala penuh 50 mV. Kita dapat membiarkan saja pembagian skala itu sebagaimana adanya; kelak dalam membacanya, harga yang ditunjukkan kita bagi dua. Kita pun boleh juga membuat pembagian skala baru yang berjalan dari 0 hingga 50. Ada kemungkinan lain. Kita dapat juga menggunakan alatukur 50 uA, sebab skalanya benar. Dalam hal ini P1 perlu berupa potensio seharga 20 kohm. Sebelum rangkaian kita masukkan ke dalam kotak, terlebih dulu dilakukan pengujian dan penyetelan yang diperlukan. Untuk keperluan pekerjaan ini terlebih dulu kita hubungkanlah instrumen kumparan-putarnya, kemudian barulah baterai. Kalau tegangan catu dihidup-matikan, dapat terjadi bahwa jarum menyimpang penuh kemudian kembali dengan pelahan sampai pada sesuatu harga atau sampai pada nol. Ini hal biasa; jangan panik. Dengan multimeter kita ukurlah tiga tegangan searah yang ada di dalam rangkaian: sisi plus C2, pena 7 di A1, dan pena 1 di A2 (semuanya terhadap titik nol). Ketiga-tiga pengukuran itu harus menghasilan harga yang kira-kira sama, yaitu 5,4 V. Kalau demikian halnya, maka boleh dikata bahwa rangkaian adalah baik. Kalau salah satu pengukuran tersebut menghasilkan harga yang berlainan, maka ada kekeliruan di salah satu tempat; mungkin salah komponen, atau salah menaruhnya.

Sekarang penyetelan pada alatukur milivoltnya. Yang paling mudah adalah penyetelan titik nol. Terlebih dulu jalanmasuk kita hubungsingkat, lalu P2 distel sedemikian sampai jarum menunjukkan tepat 0. Juga dalam saat penghubungsingkatan jalanmasuk dapat terjadi bahwa jarum sebentar melaju ke atas, lalu beberapa saat kemudian kembali dengan pelahan ke nol. Kejadian seperti ini tidaklah aneh pada instrumen yang begitu peka.

Penyetelan jangkah ukur tidak begitu mudah. Kalau kita memiliki alatukur-milivolt "sebenarnya", maka perkara menjadilah mudah: kita masukkan tegangan bolakbalik kecil pada kedua jalanmasuk alatukur, kemudian menyetel P1 supaya kedua alatukur menunjukkan harga yang sama seperti aparat acuannya. Dalam banyak hal kemungkinan itu tidak ada. Memang tanpa itu pun akan dapat kita

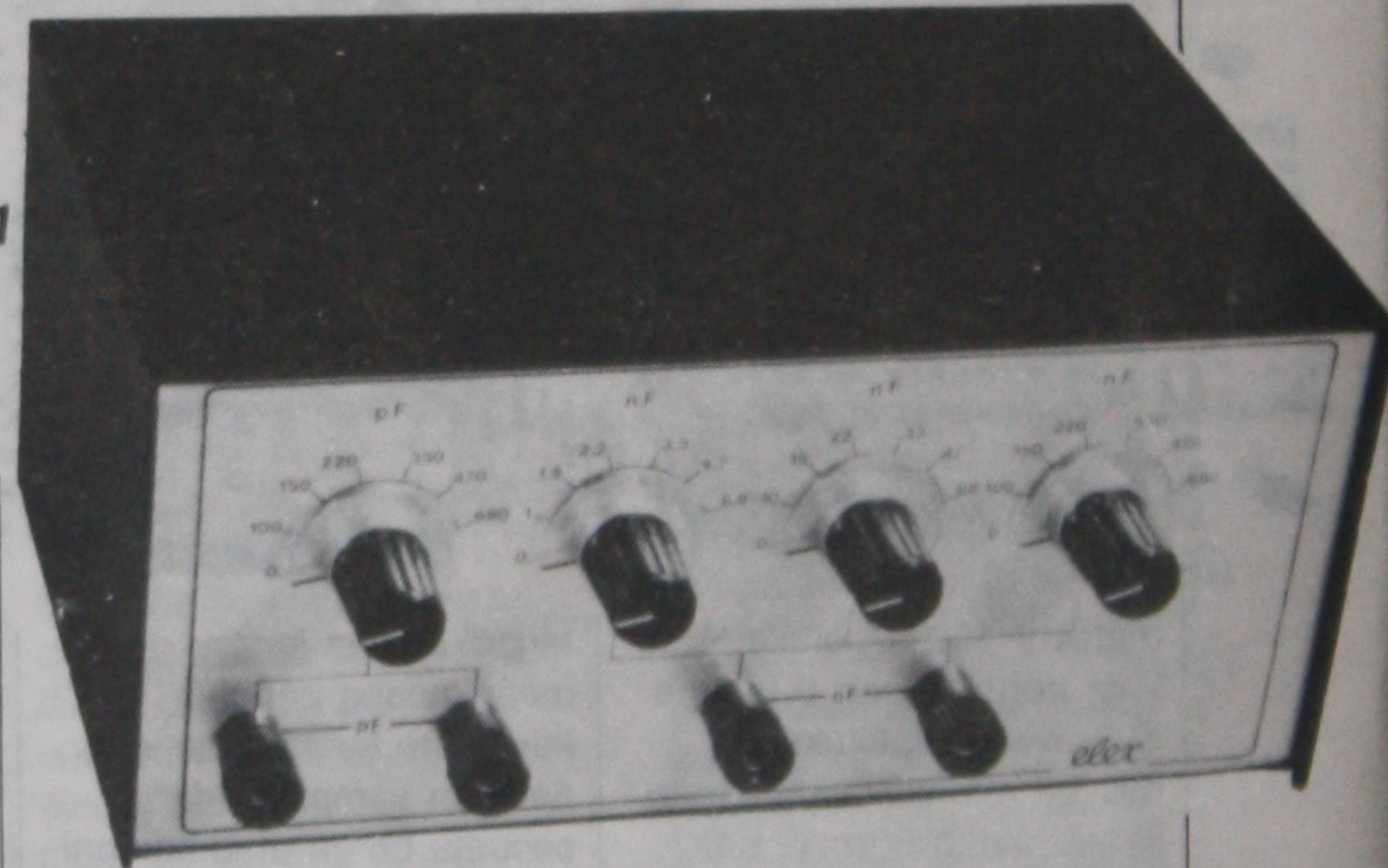
5

laksanakan, namun sedikit sulit. Mula-mula diperlukan dua resistor yang kita solderkan pada papan-cetak. Di mana, diperlihatkan di Gb.5.

Resistor-resistor itu adalah Ra dan Rb. Kedua resistor itu membentuk sebuah pembagi tegangan yang memperoleh tegangan dari kondensator C2. Tegangan di titik itu adalah sama dengan tegangan zener D7 ditambah tegangan ambang D2, total kira-kira 5,4 V. Dengan perbandingan resistansi seperti yang kita pilih itu, maka tegangan searah pada Ra adalah setinggi 45 mV. Sekarang dengan P1 alatukur distel supaya menunjukkan skala penuh; selesailah penyetelan kita. Perhatikanlah bahwa dalam pekerjaan ini jalanmasuk harus dihubungsingkat. Sesudah selesai penyetelan Ra, Rb, dan penghubungsingkatan kita buang. Kalau jalanmasuk sedang terbuka, alatukur akan menunjukkan sesuatu harga; ini dibangkitkan terutama oleh dengung dari jaringan umum.

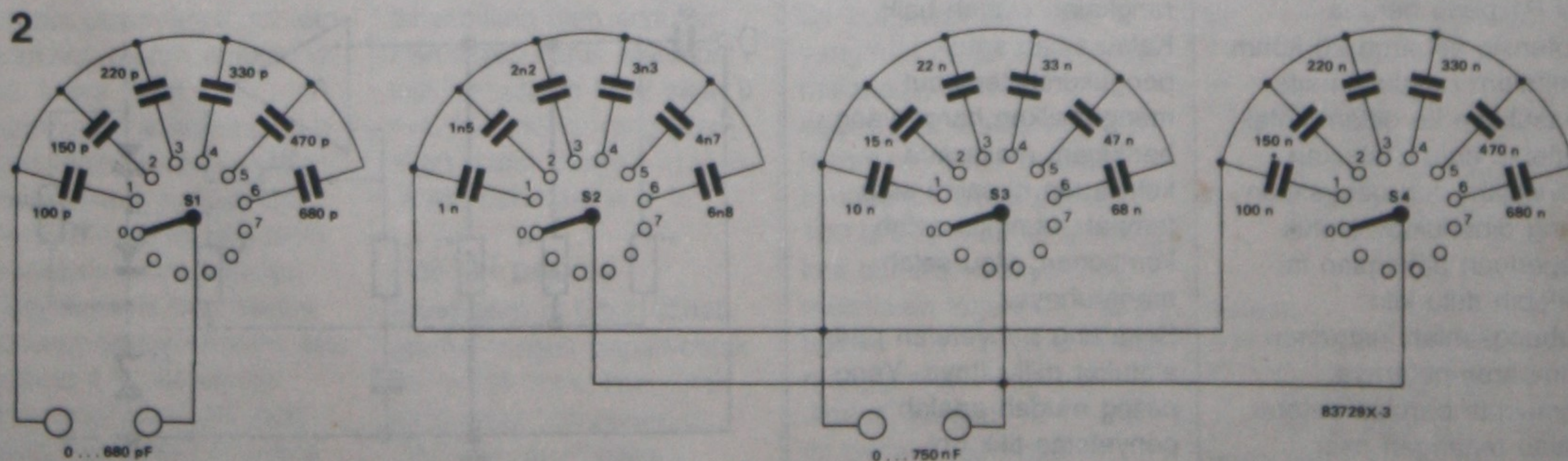
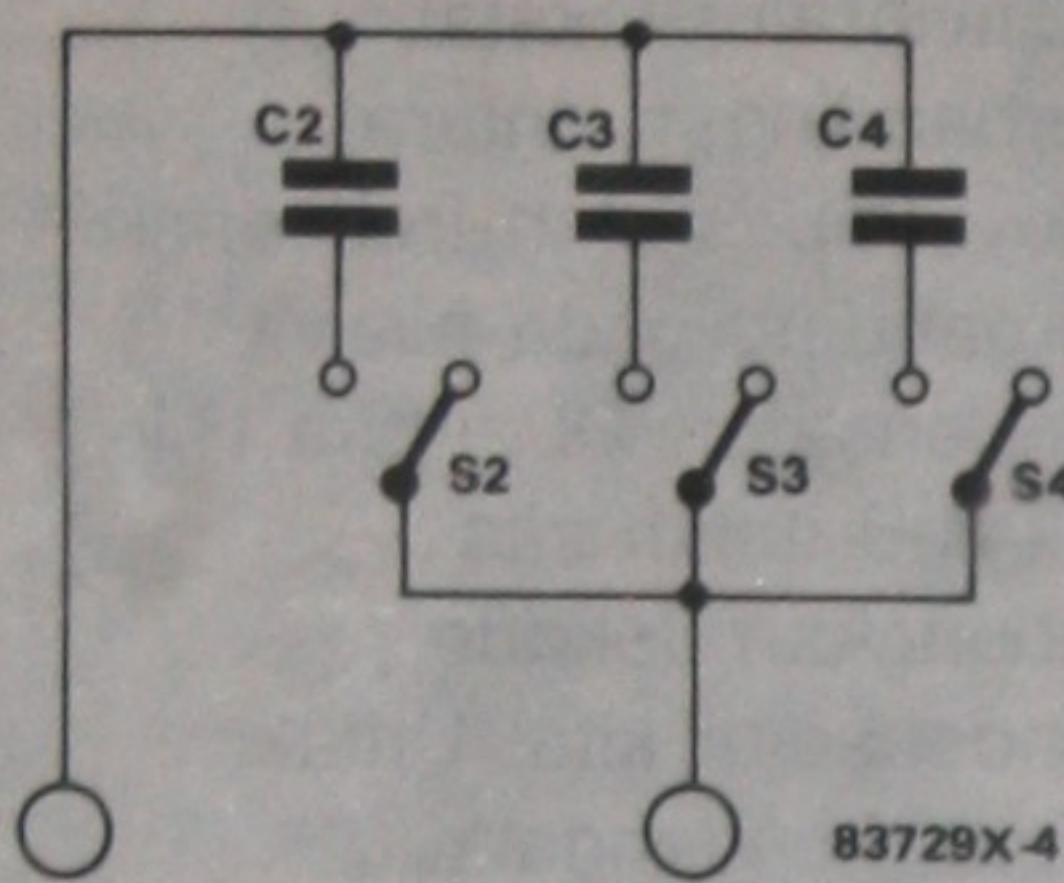
Sedikit lagi tentang faktor bentuk yang kita singgung di muka. Ini sudah diperhitungkan pada penyetelan dengan kedua resistor. Instrumen kumparan-putar selalu menunjukkan nilai rata-rata; karena itulah kita telah menyetel pada skala penuh 45 mV dan bukannya 50 mV. Untuk tegangan bolakbalik sinus, alatukur akan menunjukkan harga yang tepat, sebab 45 mV × 1,11 = 50 mV! •

5. DEKADE KONDENSATOR DENGAN EMPAT LANGKAH

Dekade resistor atau kondensator sangat berguna untuk keperluan eksperimen-eksperimen. Dekade kondensator dapat dipandang sebagai satu kondensator yang nilainya dapat diubah-ubah dengan saklar. Nilai itu dapat dipilih antara 100 pF hingga 750 nF. Dalam Gb. 1 diperlihatkan panel layanannya. Ada empat saklar putar dan empat jalur terminal penusuk yang runcing.
Nilai-nilai kapasitas yang ada pada saklar paling kiri adalah dalam pF (pikofarad). Kedua jalur yang ada di bawahnya adalah kelengkapan saklar itu. Tiga saklar yang lain terkalibrasi dalam nF (nanofarad), dan diberi dua apitan yang ada dikanan. Saklar yang paling kiri dan yang di bawahnya ada jalur-jalur koneksi yang bekerja tersendiri, sedangkan ketiga saklar yang lain saling tergandeng. Hal ini dijelaskan dalam skema rangkaian di Gb. 2. Saklar S1 bekerja dengan enam kondensator, dan berdiri sendiri. Saklar-saklar S2, S3 dan S4 saling berhubungan lewat kontak induk.
Tentang saklar S1 beserta keenam kondensatornya, tidak banyak yang perlu diceriterakan. Tabel di bawah menjelaskan, nilai-nilai kondensator manakah yang dapat diperoleh di

1

Gambar 1: Dianjurkan untuk menaruh dekade kondensator dalam kotak yang kokoh. Tidak hanya tampak bagus, melainkan juga mudah dipakai.

Gambar 2: Keseluruh 24 kondensator terbagi dalam empat kelompok dari enam buah. Kelompok yang berhubungan dengan S1 dapat bekerja terpisah dari kelompok-kelompok yang lain. Dengan menggunakan S2, S3, dan S4 dapatlah berbagai kondensator dipakai secara terpisah-pisah ataupun dengan berjajar.

2

3

Gambar 3: Skema dasar dekade kondensator. Dengan menjajarkan beberapa kondensator, maka nilai-nilai setiap kondensator dijumlahkan.

Gambar 4: Kalau kita sudah membangun dekade resistor (ataupun hendak membangunnya), kita memperoleh keuntungan ganda: papan belakang dekade resistor dapat dipakai sebagai papan-papan-depan dekade kondensator.

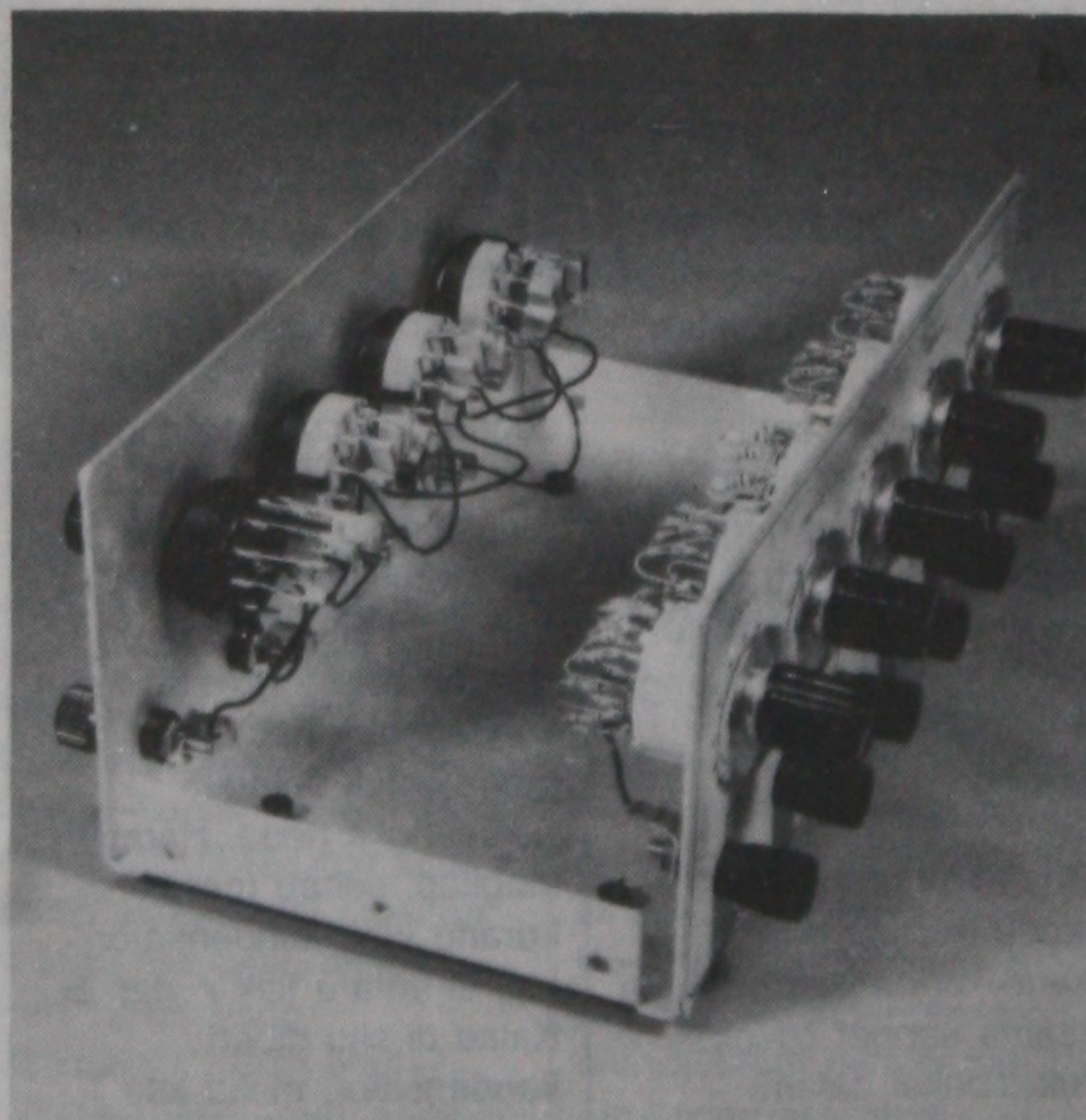
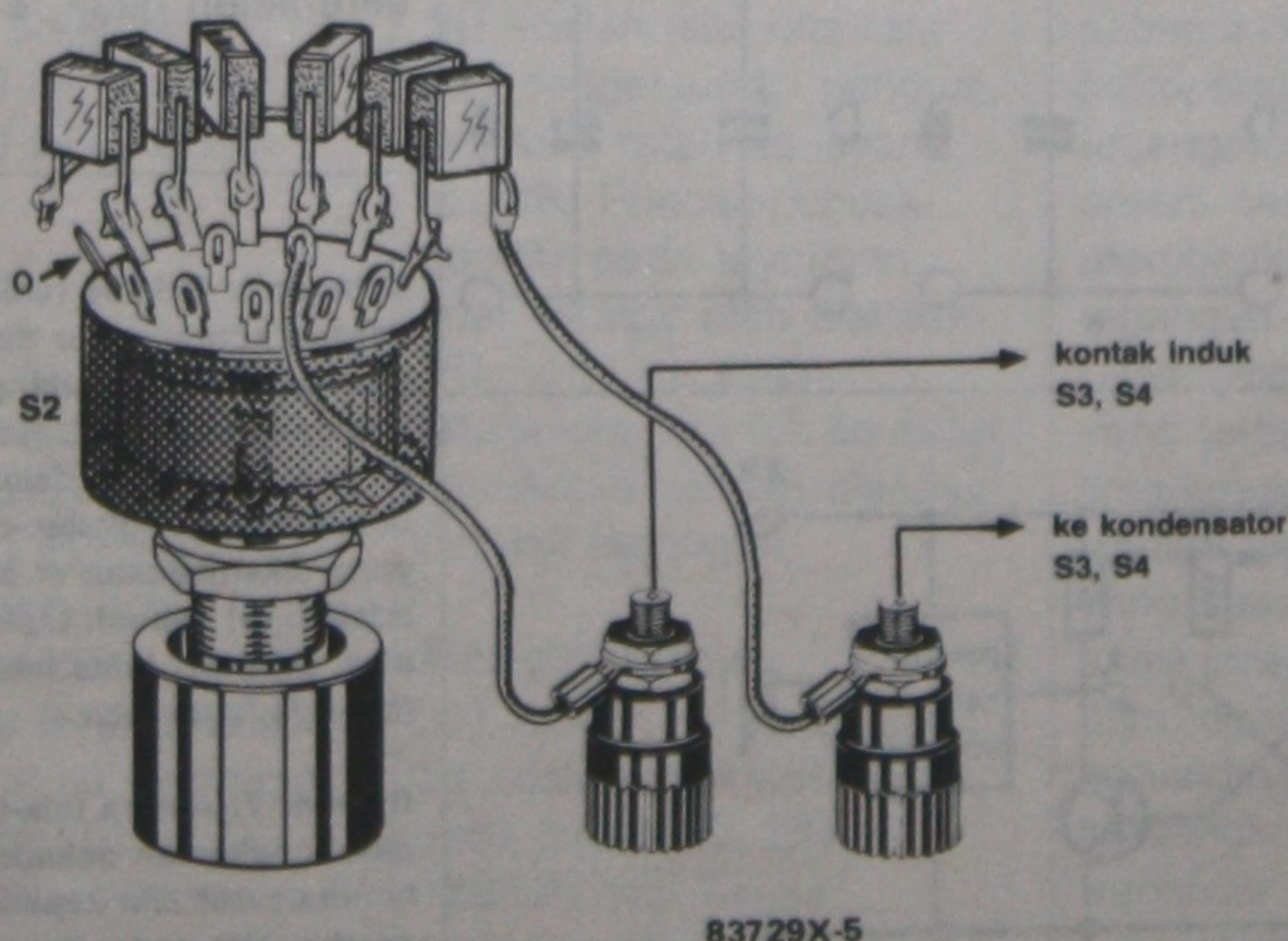
Gambar 5: Kondensator-kondensator disolder langsung pada saklar-saklar. Hal ini dapat dengan mudah dikerjakan, sebelum saklar-saklar dimasukkan ke dalam kotak. Diperlukan saklar-saklar putar dengan paling sedikit tujuh kedudukan.

antara kedua terminalnya, pada sesuatu kedudukan S1 tertentu.

Kedudukan S1	Nilai Kondensator (pF)
0	0
1	100
2	150
3	220
4	330
5	470
6	680

Tentang saklar-saklar S2... S4 beserta kondensator-kondensatornya tidaklah begitu susah. Dengan menaruh dua saklar pada kedudukan nol, dan menggunakan hanya saklar yang ketiga, dapatlah dipilih-pilih satu dari antara 18 nilai kondensator. Namun dengan menggunakan lebih banyak saklar lagi sekaligus, dijajarkanlah kondensator-kondensator dan terjadilah lebih banyak kemungkinan kombinasi-kombinasi lain. Bagaimanakah cara-cara menjajarkan itu, dikemukakan dalam Gb. 3. Dalam gambar itu dilukiskan saklar-saklar S2, S3, dan S4 dengan setiap saklar ada kondensatornya. Kalau S2 tertutup, sementara yang dua lainnya terbuka, maka kapasitas yang terdapat di antara terminal-terminalnya adalah senilai C2. Tetapi kalau semua saklar ditutup, maka kita memperoleh kapasitas total sebesar jumlah semua kondensator:

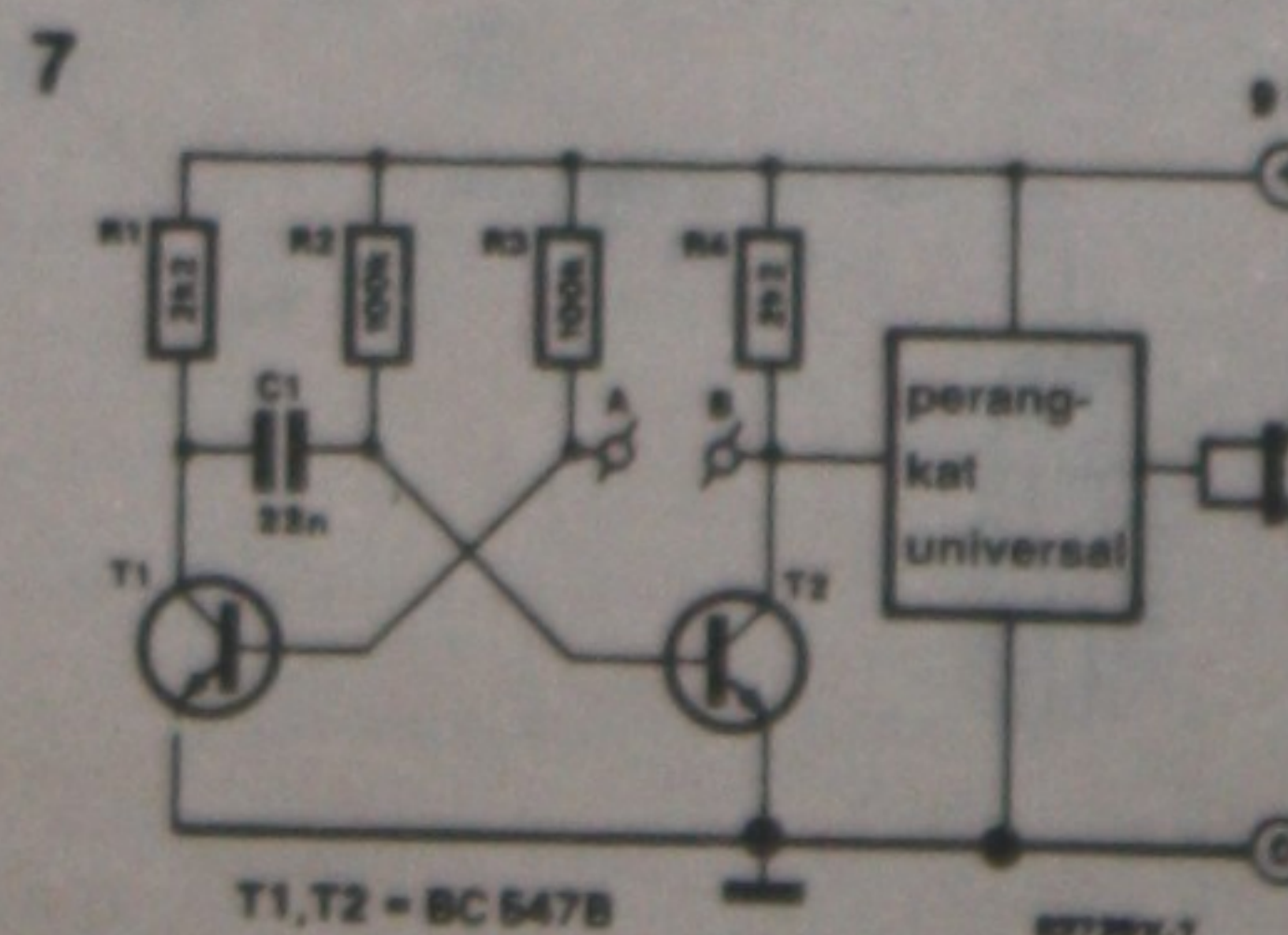
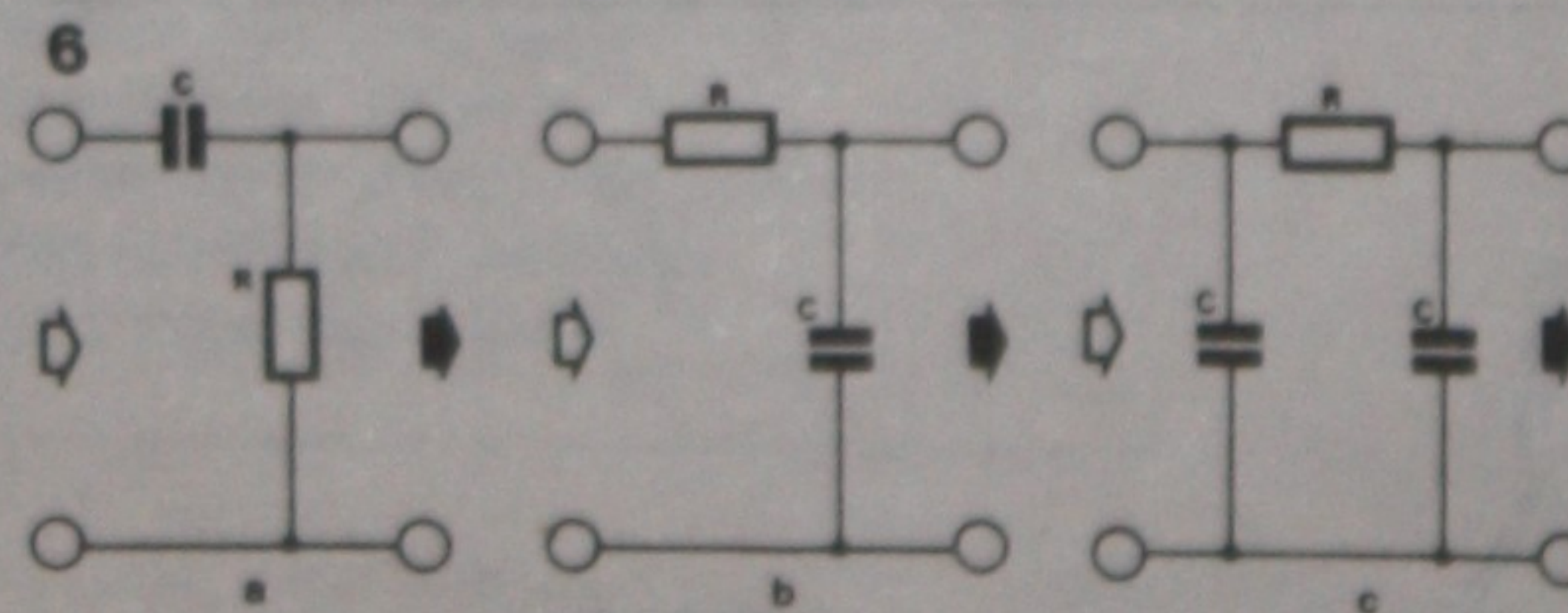
$$C_t = C2 + C3 + C4$$

Menjajarkan kondensator-kondensator berarti bahwa kapasitas-kapasitasnya dijumlahkan. Apakah ini artinya dalam praktek? Akan kita jelaskan dengan beberapa contoh. Untuk keperluan percobaan kita memerlukan sebuah kondensator 270 nF. Dengan dekade kondensator, hal ini mudah diperoleh: Saklar S4 ditaruh pada 220 (nF) dan S3 pada 47 (nF). Maka kapasitas total menjadilah 267 nF. Memang ini tidak tepat benar 270 nF, namun tidak berarti apa-apa. Kondensator yang banyak kita peroleh di pasaran lazimnya berbeda 10 a 20% dari nilai yang tertera. Dalam toleransi yang begitu lebar maka kekurangan nilai yang secara teori 3 nF tidaklah ada artinya.
Contoh lain: Sekarang kita memerlukan kondensator 39 nF. Untuk ini S2 kita taruh pada 6,8 dan S3 pada 33. S4 tetap pada kedudukan nol. Dengan stelan ini kita memperoleh nilai kondensator 6,8 nF + 33 nF = 39,8 nF. Dengan berbagai kombinasi yang distel-stel dengan S2, S3,

5

dan S4, maka kita dapat memperoleh nilai-nilai antara 0 nF hingga 754,8 NF (6,8 nF + 68 nF + 680 nF = 754,8 nF). Kondensator yang berkaitan dengan S1 dapat juga diikut-sertakan, tetapi mereka perlu dihubungkan dengan kawat yang dilengkapi penusuk yang runcing untuk dijajarkan.

Cara merakit

Untuk membuat dekade kondensator ini, tidak diperlukan papan cetak; tetapi memerlukan banyak pekerjaan menyolder. Keseluruhannya ada 24 kondensator yang harus disolderkan pada mata-mata solder saklar (Gb. 4 dan 5). Dari setiap kondensator, salah satu terminalnya disolder pada saklar. Terminal-terminal lain milik keenam kondensator yang bergantungan pada S1 disatukan dengan sepotong kawat, kemudian dihubungkan dengan salah satu dari ke dua jalur terminal kiri. Jalur terminal yang lain perlu dihubungkan kepada kontak tengah (kontak induk) S1. Terminal-terminal yang bebas milik 18 kondensator yang berkoneksi dengan S2, S3, dan S4 juga perlu saling dihubungkan, dan kemudian dihubungkan kepada salah satu jalur terminal yang di kanan. Pada akhirnya kontak-kontak induk dari S2... S4 digandengkan dan dihubungkan kepada bus terminal yang tersisa. Kalau kita membeli kondensator-kondensator untuk keperluan tersebut, maka perlulah kita mempertimbangkan berapa besarkah kecermatan yang dikehendaki. Kalau kita cukup puas dengan toleransi yang besar-besar, maka kita dapat membeli kondensator-kondensator standar biasa. Dekade ini tidak akan lebih merugikan. Kalau kita menginginkan kecermatan yang lebih besar, dapat memilih kondensator-kondensator khusus yang toleransinya kecil. Harganya tidak akan jauh lebih mahal. Dalam pekerjaan merakit, lebih mudah kalau pertama-tama kondensator-kondensator dipasangkan pada saklarnya; kemudian keseluruhannya barulah dimasukkan dalam kotak. Kalau kita sudah membangun dekade resistor (atau masih hendak membangunnya) dapatlah dekade kondensator disatukan dalam satu kotak, Gb. 4. Selain lebih murah dan hemat, juga mudah dipakai. Satu dekade ditaruh di sebelah depan kotak, dekade yang lain ditaruh di bagian belakang.

Penggunaan

Dekade resistor dan dekade kondensator secara bersama sangat cocok untuk dipakai dalam percobaan-percobaan dengan apa yang disebut suku-suku RC. Rangkaian-rangkaian ini (di Gb. 6 dikemukakan beberapa contoh) sangat penting dalam rangkaian arus bolakbalik. Mereka termasuk rangkaian-rangkaian yang bergantung frekuensi, karena itu dapat dipakai sebagai tapis. Rangkaian di Gb. 6a meluluskan terutama frekuensi-frekuensi tinggi; Gb. 6b meluluskan frekuensi-frekuensi rendah, sedangkan Gb. 6c meluluskan sesuatu jalur frekuensi tertentu. Tentang bagaimanakah duduk perkara sebenarnya tidak akan kita bicarakan di sini. Kita akan dapat dengan segera memulai percobaan kita. Gb. 7 adalah rangkaian untuk keperluan itu. Transistor-transistor T1 dan T2, bersama-sama dengan resistor-resistor dan kondensator hampir membentuk sebuah pembangkit nada. Hampir lengkap, sebab masih kurang satu kondensator lagi di antara titik A dan B. Kalau di situ diberi kondensator, maka kita memperoleh rangkaian yang membangkitkan tegangan bentuk blok (segiempat) (sebuah multivibrator takstabil). Perbandingan antara denyut-spasi dan frekuensi bergantung pada nilai kondensator. Di antara titik-titik A-B itulah kita hubungkan dekade kondensator kita. Untuk dapat mendengarkan sesuatu, perlulah diberikan pula sebuah penguat akhir. Ini suatu kesempatan baik untuk mencoba perangkat pengeras suara yang pernah kita buat tempo hari. Jalanmasuk perangkat pengeras suara kita hubungkan kepada titik B pembangkit nada. Titik-titik A-B kita hubungkan kepada bus-bus terminal yang berkaitan dengan saklar S1. Dengan S1 pada kedudukan "150 pF" harus ada nada sangat tinggi keluar dari pengeras suara. Kian tinggi harga kondensator yang kita pilih, menjadi kian rendahlah nada. Kalau titik-titik A-B kita hubungkan dengan bus-bus yang bertalian dengan S2... S4 dapatlah dipilih harga kondensator yang lebih besar-besar. Kalau saklar-saklar kita putar, maka terjangkitlah serentetan nada. •

Gambar 6: Dekade resistor dan dekade kondensator dapat dipakai untuk membangun jaringa-jaringan RC. Rangkaian ini penting artinya dalam arus bolakbalik. Rangkaian-rangkaian yang dikemukakan di sini adalah: (a) sebuah tapis lulus atas, (b) tapis lulus bawah, dan (c) tapis lulus jalur.

Gambar 7: Antara titik-titik A-B dihubungkanlah dekade kondensator kita kepada pembangkit nada. Dengan cara ini kita dapat memilih berbagai frekuensi.

6. ALATUKUR — VU DENGAN LED

Oleh membanjirnya LED, maka wajah peralatan hi-fi dalam tahun-tahun akhir ini sangat berubah. Kalau dulu untuk menyatakan apakah pesawat sedang hidup dipakai sebuah lampu, maka kini kita temui beberapa LED yang mengemukakan pemandangan cahaya LED yang berkedipan, yang memberikan isyarat-isyarat tentang apa saja. Juga alatukur-VU mekanik terdesak oleh deretan LED. Untuk memodernkan pesawat, mengganti alatukur-VU lama dengan alatukur-VU LED, tidaklah sulit.

VU

VU berarti *"volume unit"*, yang dapat diterjemahkan dengan "pengemudian". Alatukur-VU memberikan indikasi secara optik tentang kuat bunyi isyarat tuturan atau isyarat musik. Kalau isyarat itu terlampau lemah, maka LED-LED padam. Kalau isyarat terlampau kuat hingga bunyi menjadi cacat, maka kelima LED menyala. Kuat bunyi dapat dinyatakan dalam dB (decibel). Skala decibel yang banyak kita temui pada alatukur-VU terbagi-bagi secara logaritma (jadi tidak dalam bagian-bagian yang sama), dan meliputi seluruh kuat bunyi yang dapat didengar telinga manusia, dimulai dari 10 dB yang dijangkitkan oleh daun-daunan yang jatuh, sampai pada 120 dB yang menyakitkan telinga. Apa yang ditunjukkan alatukur-VU adalah nilai rata-rata dari pengemudian penguat, jadi kuat rata-rata isyarat akustik. Puncak-puncak pendek pada tegangan tidak terukur oleh alatukur-VU, jadi juga tidak ditunjukkan. Untuk itu akan diperlukan sebuah alatukur puncak tegangan.

Rangkaiannya

IC1 adalah inti rangkaian. Ini adalah indikator taraf yang logaritmik, SN 16880N dari Texas Instruments. Dalam Gb. 1 kita lihat bangunan rangkaiannya. IC itu dapat mengolah dua isyarat frekuensi rendah (A1 dan A2) atau hanya satu isyarat saja (A1 atau A2). Dalam hal tersebut pertama, maka alatukur-VU akan menunjukkan isyarat yang amplitudonya paling tinggi. Di dalam IC Isyarat frekuensi-rendah diubah menjadi tegangan searah oleh sebuah penyearah. Tegangan searah itu dimasukkan kepada jalanmasuk-jalanmasuk lima op-amp yang dirangkai sebagai penanding (komparator). Pembagi tegangan yang berada di antara pena-pena 14 dan 7 memberikan (lima) tegangan acuan bagi penanding-penanding itu, yang terbagi-bagi dalam lima langkah a 5 dB. Jikalau tegangan masukan yang sudah disearahkan itu sama besar dengan salah satu tegangan acuan, maka penanding yang bersangkutan membikin transistor yang disambungi LED, menghantar. Sesudah kita sedikit mengetahui, apakah yang terjadi di dalam IC, baiklah kita menengok kepada bagian-bagian lain dari rangkaian. Dalam Gb. 2 nyata, bahwa hanya diperlukan beberapa tambahan komponen saja untuk melengkapi alatukur-VU. Rangkaian masukan terdiri atas kondensator-kondensator C1 dan C2 dan potensiometer P1 dan P2. Kondensator-kondensator mencegah tegangan searah masuk ke jalanmasuk IC (pena 9 dan 11). Potensiometer P1 dan P2 disetel sedemikian agar semua LED menyala bila penguat sedang mengeluarkan daya yang maksimum. Bagaimana cara menyetel itu, akan kita kemukakan nanti.
Pada kolektor transistor kemudi ada resistor-resistor R1 sd R5 dan LED D1 sd D5. LED-LED itu menyala bila jalankeluar yang bersangkutan sedang rendah. C3 membikin agar pengeluaran berjalan lamban. Kelambanan ini

perlu agar LED tidak bekedip-kedip dengan ragu-ragu dalam mengikuti isyarat musiknya, melainkan agar mereka dapat dengan lancar mengikuti gerak musik, seperti yang dilakukan oleh alatukur-VU mekanik. Dengan C3 berharga seperti yang tertera dalam gambar itu, maka kelambanan dalam mengikuti taraf isyarat yang menaik adalah kecil saja (kira-kira 10 mdet), sedangkan tanggapannya terhadap penurunan taraf isyarat lebih besar (kira-kira 550 mdet). Kalau diinginkan, waktu-waktu tundaan itu dapat diubah dengan menukar nilai C3.

Cara merangkai

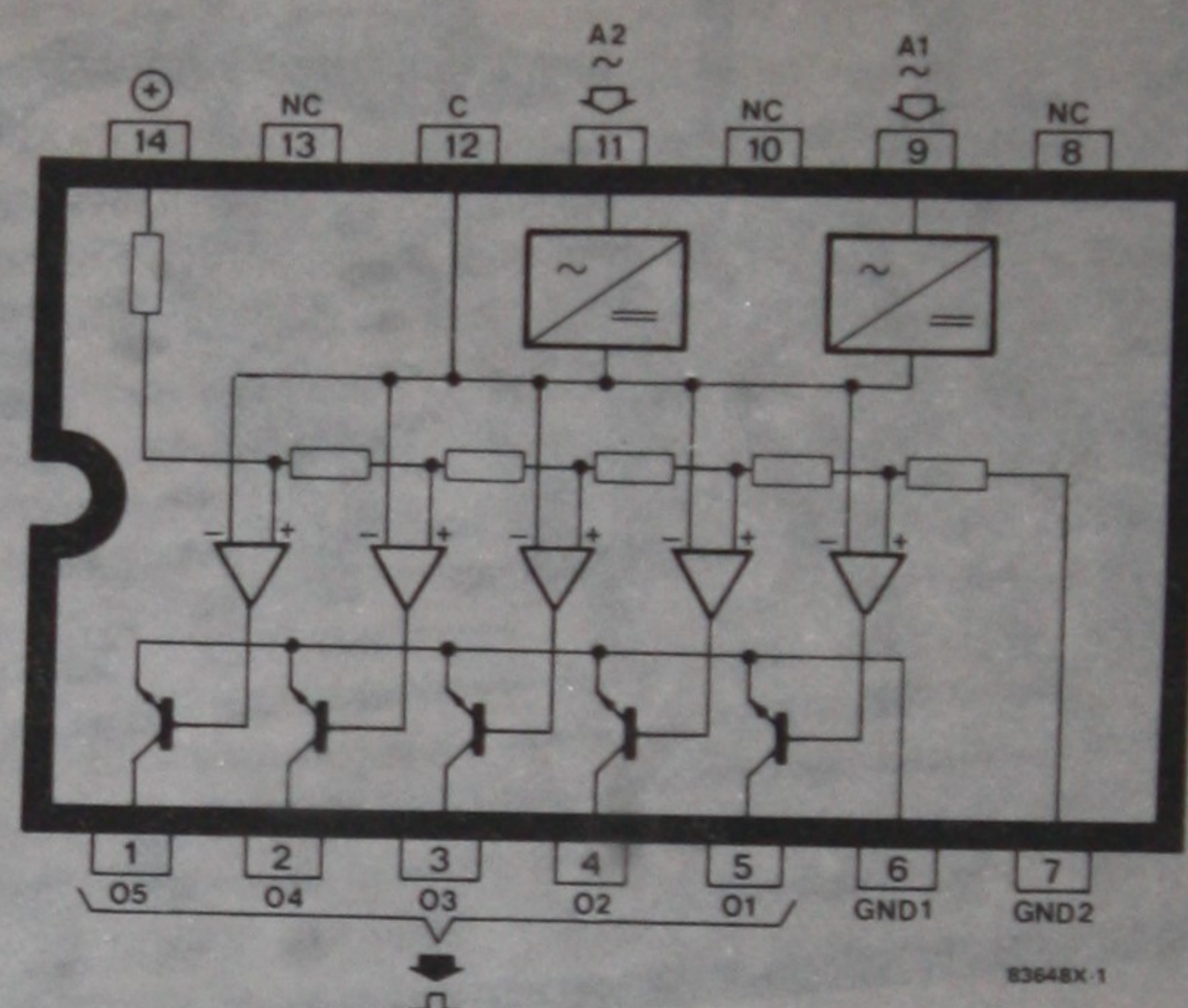
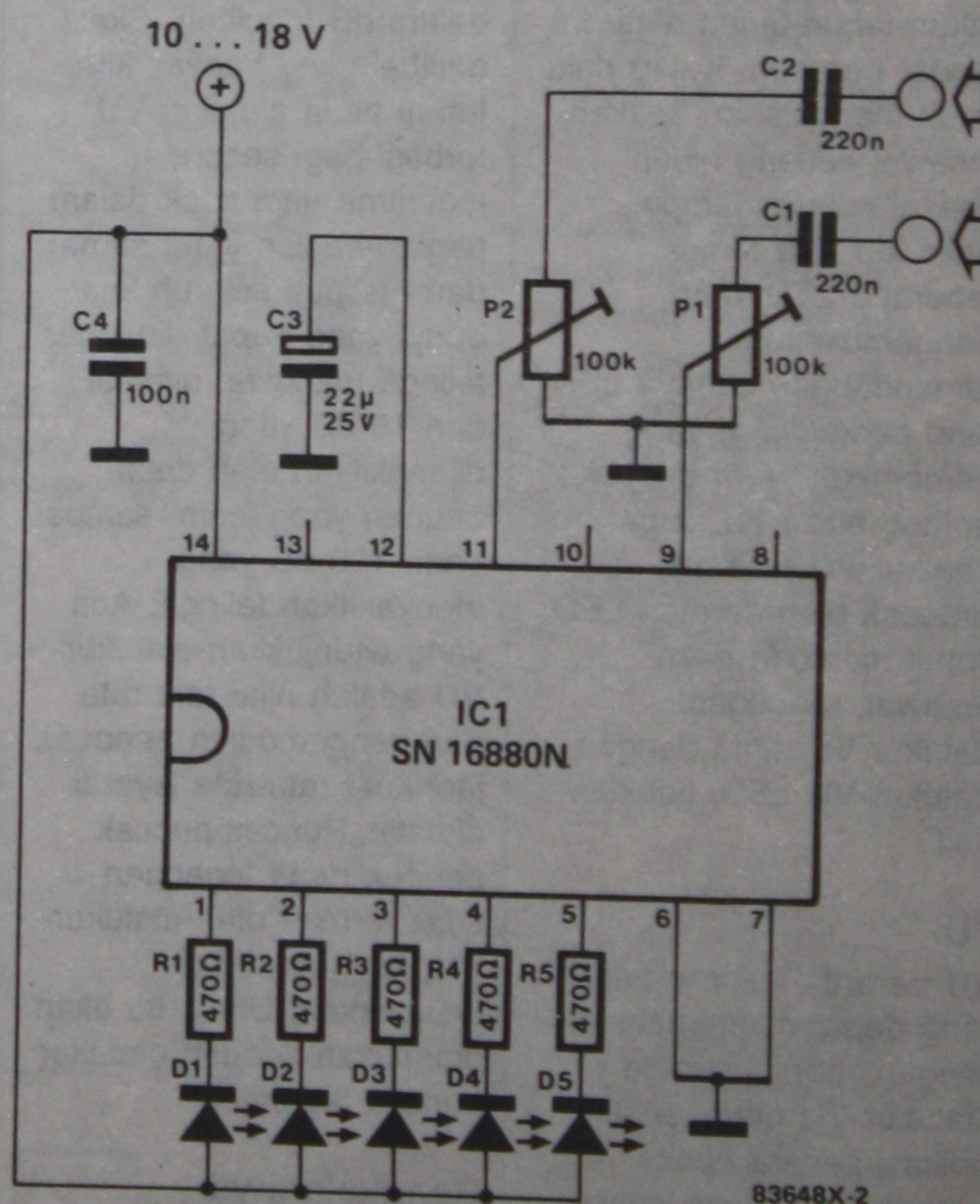
Semua komponen dapat dimasukkan pada papan-cetak kecil. Lihat Gb. 3. Kalau memasang C3, perhatikanlah polaritasnya; IC diletakkan dengan takiknya mengarah ke sebelah dalam papan. Jangan menyolder IC langsung pada papan, melainkan gunakanlah soket IC. Gb.3 menunjukkan letak komponen yang lain-lain. Garis-garis hitam adalah kawat-kawat jembatan. Papan-cetak tidak memerlukan rumah (kotak). Karena alatukur-VU diberi isyarat masukan dari penguat akhir, maka baiklah ia ditaruh juga di dalam rumah penguat itu.

Maka pada Panel-depan penguat dapat dibuatkan lobang-lobang, agar LED-LED dapat tampak. Kalau sekiranya papan-cetak tidak dapat terpasang pada papan-depan penguat, dapat juga LED-LED dihubungkan lewat kawat-kawat kepada papan-cetaknya. Di dalam penguat, sambungan LF yang menuju ke pengeras suara juga dimasukkan ke kedua jalanmasuk papan-cetak. Jalanmasuk manakah, dari antara dua, tidak menjadi soal. Yang penting adalah bahwa masukannya perlu distel dengan baik. Tentang penyetelan ini akan kita bicarakan nanti. Sekarang tentang pemberian arus dulu.

Pencatu daya

Dalam skema Gb. 2 dinyatakan bahwa tegangan catu boleh berada di antara 10 dan 18 volt. Kalau tinggi tegangan ini secara kebetulan sama dengan tegangan catu penguat, maka persoalannya sudah terpecahkan, sebab alatukur-VU akan dapat dengan langsung dihubungkan kepada pencatu daya penguat. Namun bila tegangan catu penguat lebih tinggi dari 18 volt, maka kita perlu membangun rangkaian seperti di Gb. 4. Rangkaian ini mengecilkan tegangan searah antara 20,... 60 volt menjadi 14,4 volt. Resistor R6 perlu dapat bertahan terhadap 1 watt, dan transistor T1 perlu diberi papan pendingin. Kalau rangkaian Gb. 4 sudah selesai dirangkai, dan dihubungkan kepada penguat akhir, maka terlebih dulu kita perlu mengukur tegangan emitor pada BD 139. Kalau tegangan ini ada kira-kira 14,4 volt, maka semuanya adalah beres, dan tegangan yang sudah dikecilkan itu dapat kita sambungkan kepada alatukur-VU.

Penyetelan

Jikalau pekerjaan kita sudah sampai pada tahap

Gambar 1: Skema dalam IC indikator taraf logaritmik.

Gambar 2: Untuk membangun alatukur-VU dengan LED, maka di samping IC, diperlukan hanya sedikit komponen tambahan.

di mana alatukur-VU akan dapat dioperasikan, maka godaan adalah besar sekali untuk segera menghidupkan penguat dan membuka kuat-kuat volume bunyi untuk menikmati hasil payah kita. Tetapi jangan hal itu dilakukan! IC akan dapat rusak kalau tegangan masukan terlampau besar. Mula-mula kontak-geser kedua-dua potensiometer kita putar supaya berkoneksi langsung kepada bumi (massa). Kemudian isyarat (tuturan ataupun musik) kita masukkan, dan potensiometer kita buka sedemikian jauh, hingga bunyi mulai terdengar cacat. Ingatlah kepada tetangga; pukul dua belas malam (misalnya) tentulah bukan saat yang tepat untuk mengerjakan penyetelan ini. Sekarang potensiometer, yang berhubungan dengan jalankeluar penguat, kita putar sedemikian jauh hingga LED D5 pas-pas menyala. Kalau kemudian volume kita kecilkan agar cacat lenyap, maka D5 harus tetap gelap. Sangat baik kalau untuk D1 sd D4 kita pilih LED hijau, dan untuk D5 LED merah.

Versi skema yang kita kemukakan di atas adalah cocok untuk dipakai pada penguat yang menghasilkan keluaran 10 watt. Kalau penguatnya lebih besar lagi, misalnya sampai 100 watt, maka jalankeluar ke pengeras suara yang dihubungkan kepada jalanmasuk alatukur-VU perlu idereti resistor 1 Mohm; kalau tidak demikian IC ada dalam bahaya.

Prosedur pengaturan tersebut berlaku hanya untuk satu penguat; kalau alatukur-VU kita hubungkan kepada penguat lain, maka penyetelan perlu diulang.

Stereo

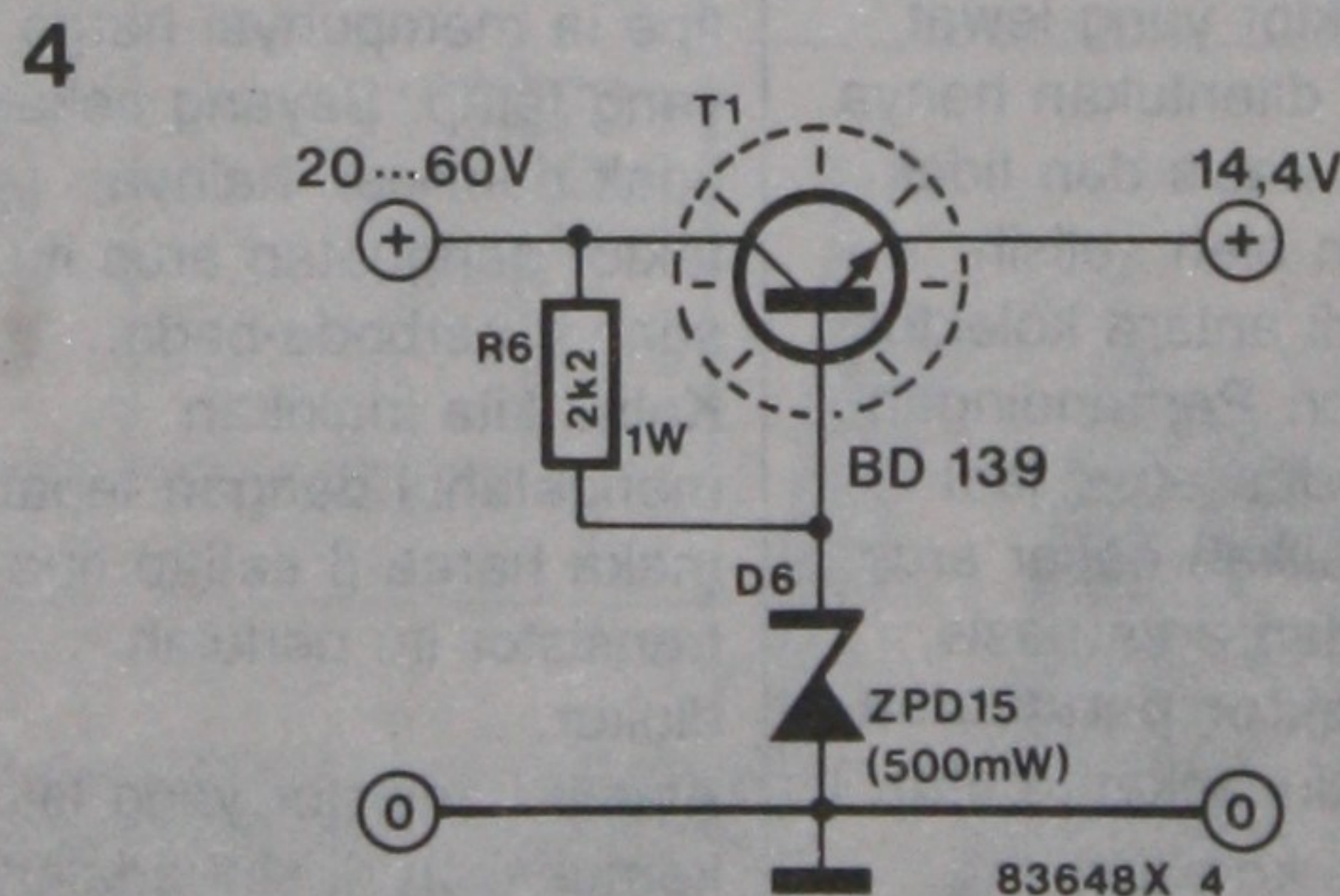
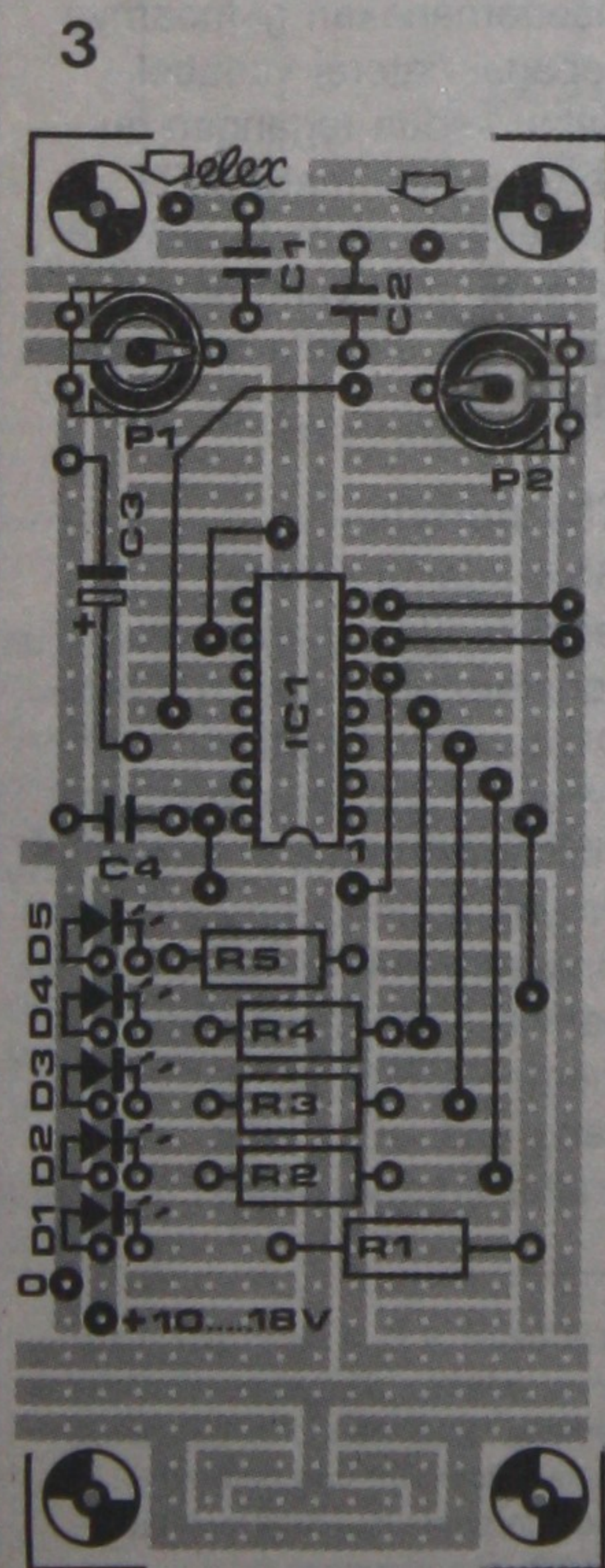
Tentu saja untuk stereo akan dapat kita bangun satu papan alatukur-VU untuk tiap kanal. Namun karena papan-cetak kita sudah memiliki dua jalanmasuk, maka dapat juga kanal kiri kita hubungkan kepada P1, sementara kanal kanan kepada P2. Dengan cara ini, yang ditunjukkan alatukur adalah kuat isyarat yang paling besar. Kalau hendak menyetel kanal kiri, pengatur balans kita putar sejauh mungkin ke kiri; kalau hendak menyetel kanal kanan, pengatur balans kita putar sejauh mungkin ke kanan. •

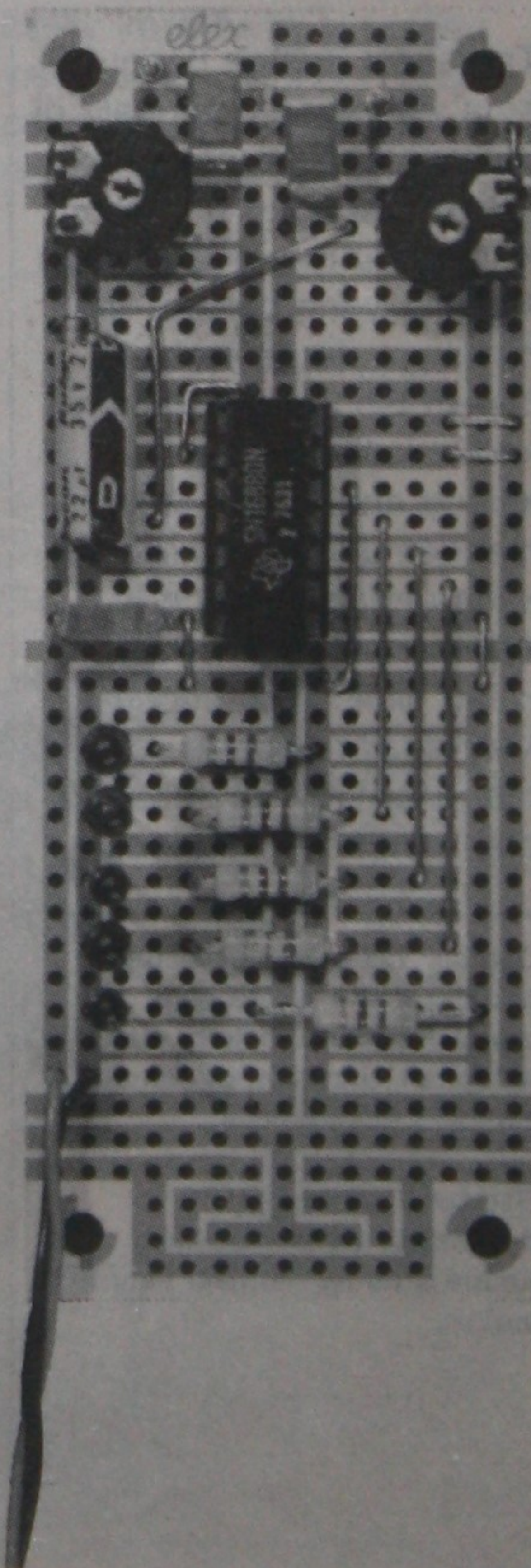
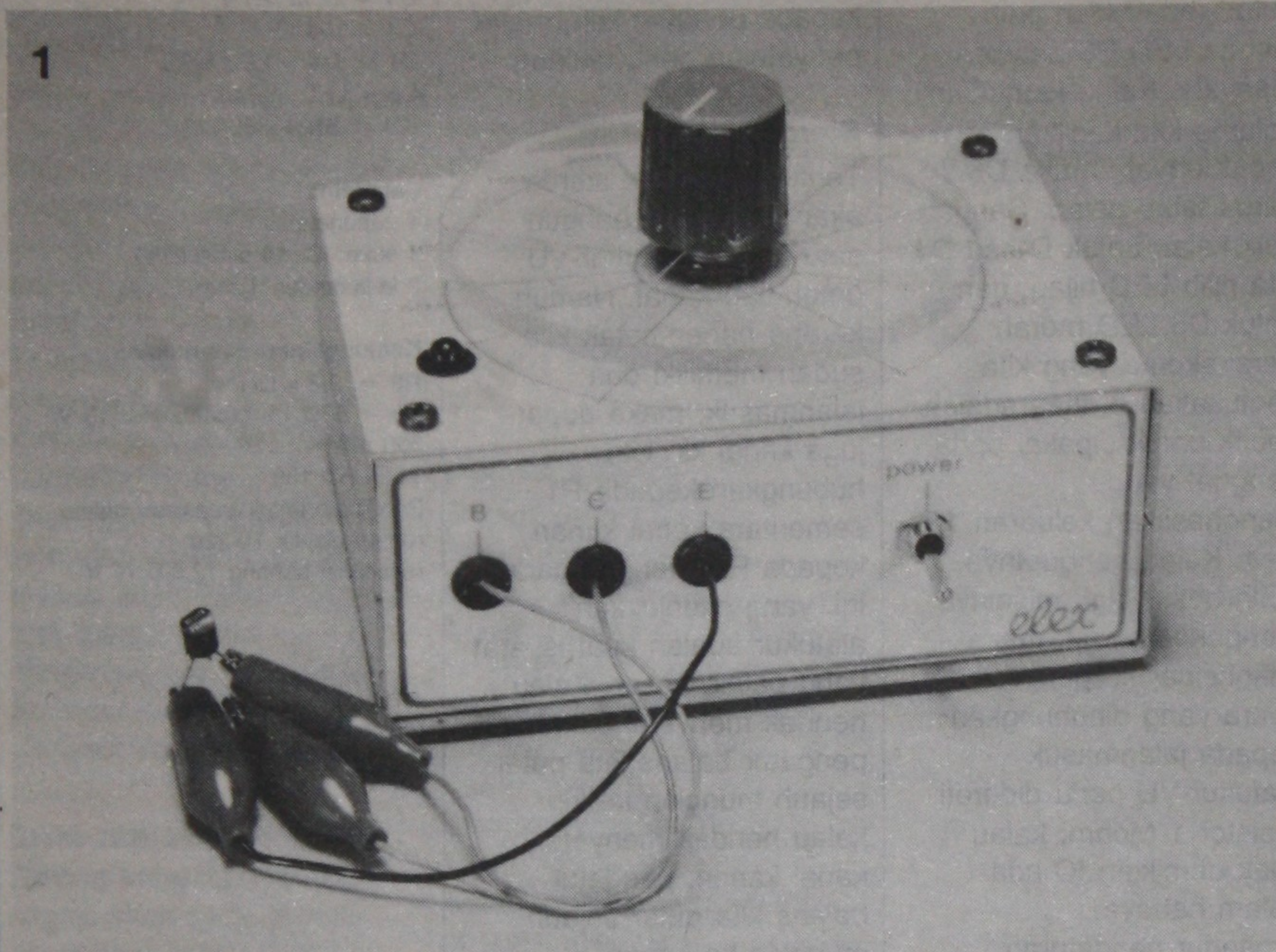
Daftar komponen:
R1 sd R5 = 470Ω
C1 = C2 = 220 nF
C3 = 22 uF/25 V
C4 = 100 nF
D1 sd D4 = LED hijau
D5 = LED merah
IC1 = SN 16880N

Lain-lain:
1 papan-cetak
1 soket IC, 14 pena (DIL)
2 la-ik solder, 1 mm

Kemungkinan diperlukan:
R6 = 2,2 k Ω/1W
D6 = ZPD 15, dioda zener 15 V/500 mW
T1 = BD 139
Pendingin untuk transistor dalam rumah plastik T0-220;
resistansi bahang 12,5°C/W •

3

4

Gambar 3: Pada montase di papan-cetak kecil, diperlukan 11 jembatan kawat. Di mana letaknya, dikemukakan dalam skema bangunan ini.

Gambar 4: Pencatuan untuk alatukur-VU dapat dengan langsung disadapkan dari penguat akhir. Dengan tiga komponen T1, D6, dan R6 maka tegangan catu yang terlampau tinggi dapat dengan mudah diatasi.

7. ALATUJI TRANSISTOR

Transistor adalah penguat arus. Arus yang mengalir di basis membuka pertemuan (peralihan) kolektor-emitor. Karena itu mengalirlah arus kolektor yang berlipat-lipat besarnya dari arus basis. Dalam Gb.2 digambarkan kedua kalang arus: kiri kalang arus basis, yang mengemudikan transistor; kanan adalah kalang kolektor. Akan jelas sekali kalau dimisalkan sebagai kran air. Arus basis memutar kran itu sebagian atau pun banyak terbuka.

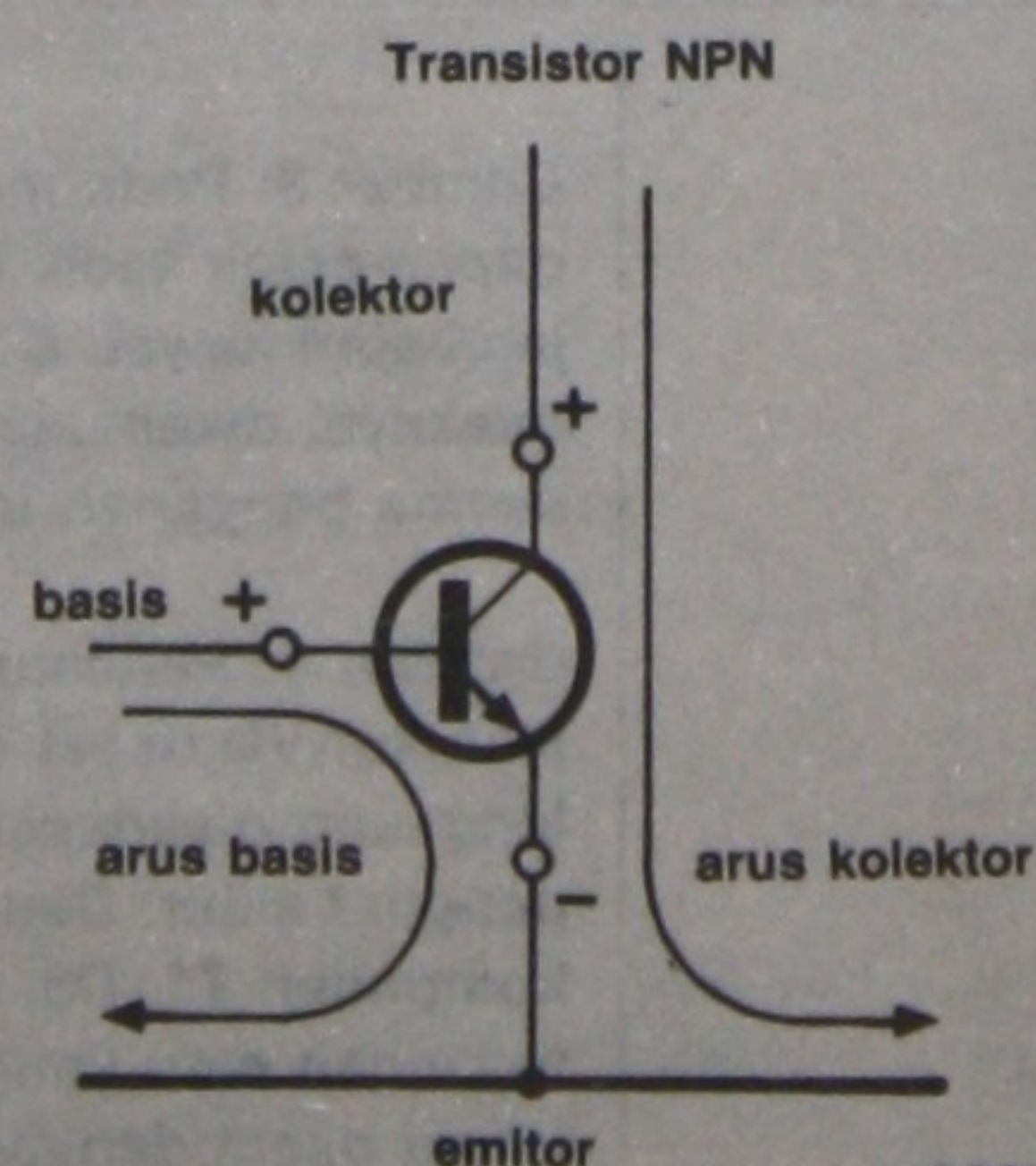
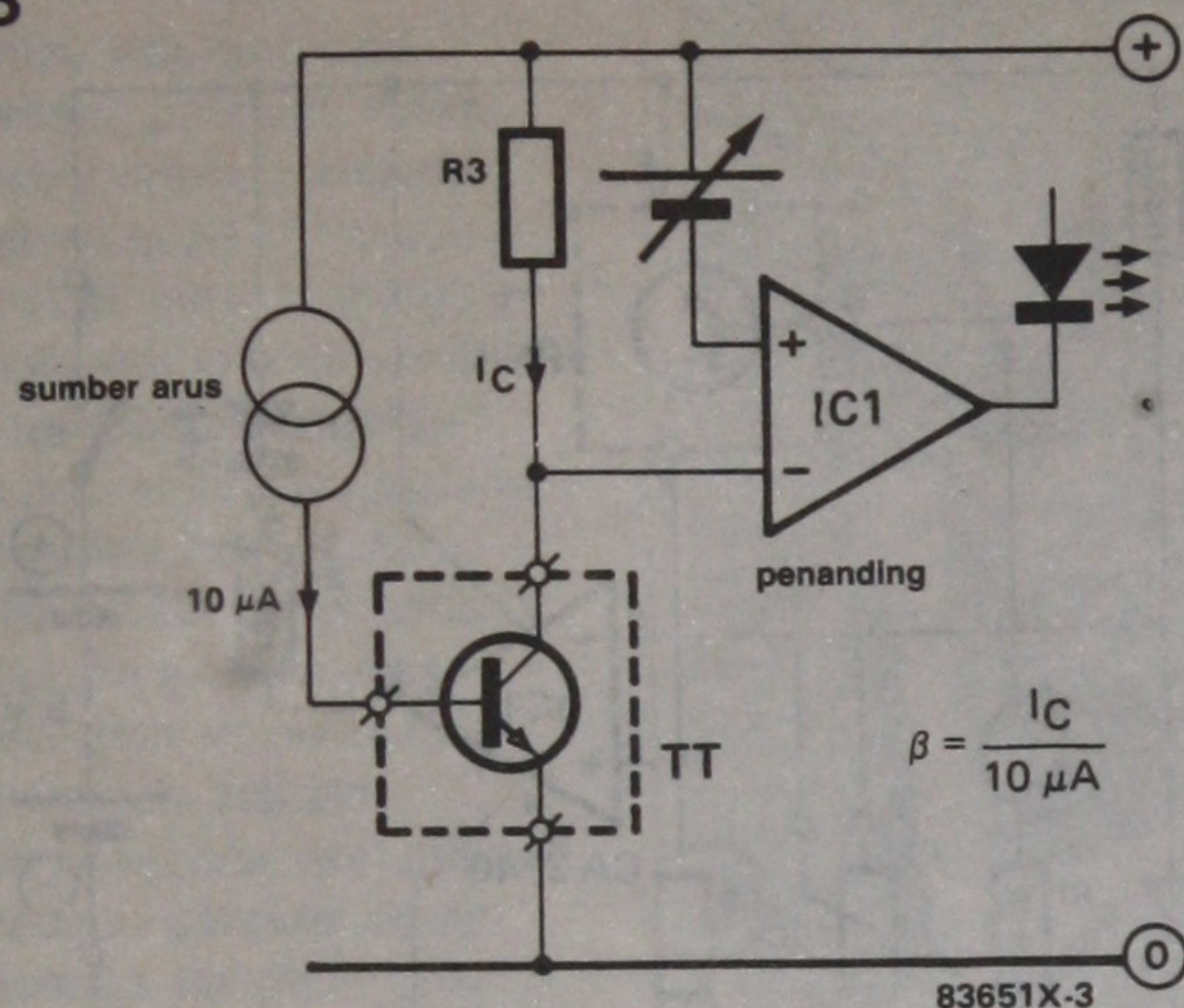
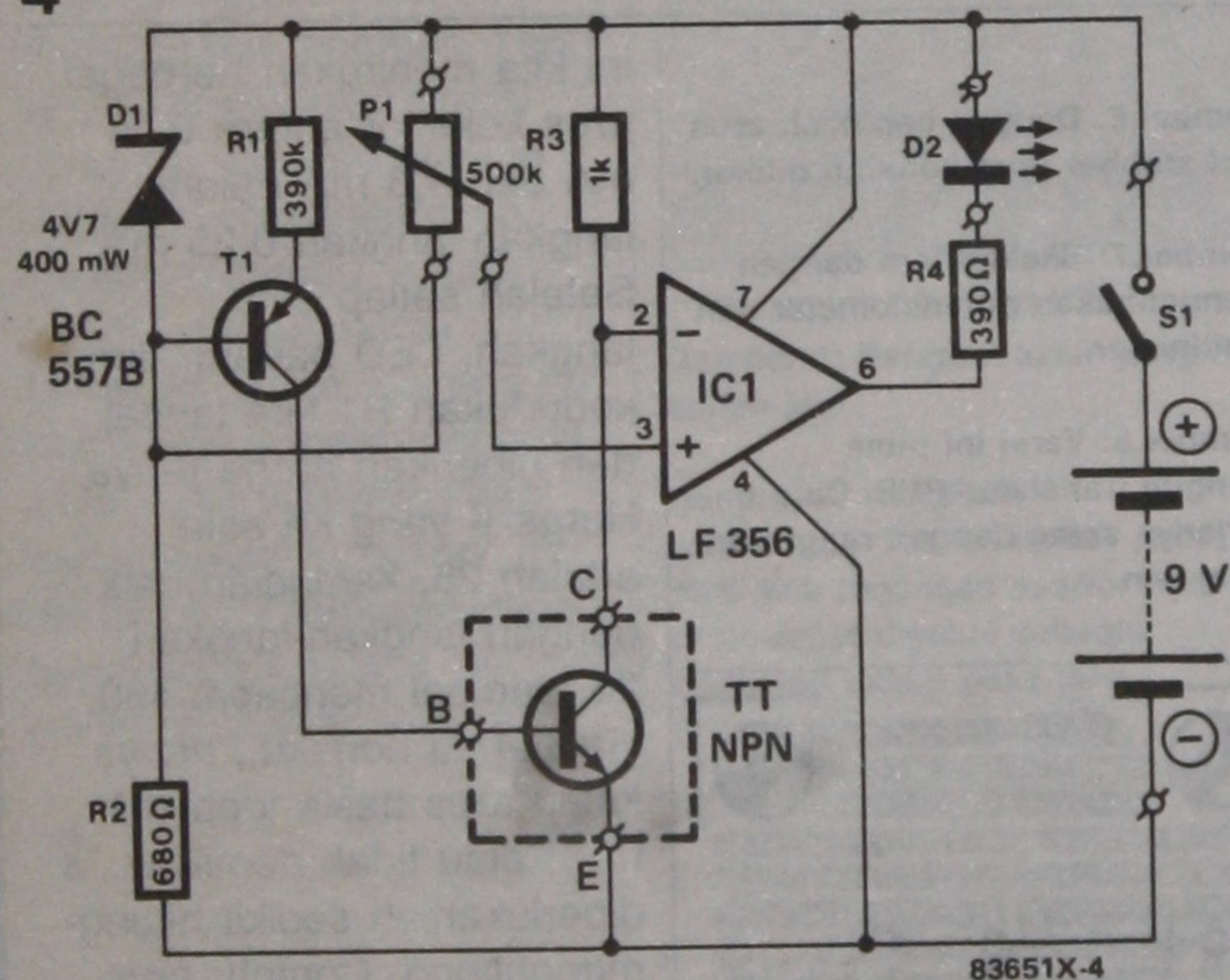
Perumpamaan ini tidak tepat benar: berapakah air yang keluar ditentukan oleh tekanan; tetapi sebaliknya arus kolektor yang lewat transistor ditentukan hanya oleh arus basis dan tidak ditentukan oleh selisih tekanan di antara kolektor dan emitor. Perbandingan antara kedua arus, jadi berapa kalikah besar arus kolektor dari arus basis, disebut **faktor penguatan arus** β (diucapkan: beta).*)

$$\beta = \frac{\text{arus kolektor}}{\text{arus basis}}$$

Karena β ini merupakan sifat yang terpenting dari transistor, akan baik sekali kalau sekiranya bagi setiap tipe ia mempunyai harga yang tetap. Sayang sekali tidak demikian halnya; faktor penguatan arus itu sangat berbeda-beda. Kalau kita inginkan mengetahui dengan tepat, maka harga β setiap tipe transistor itu perlulah diukur.
Alatuji transistor yang kita kemukakan di sini adalah sederhana, murah, dan cocok untuk semua tipe transistor NPN yang banyak dipakai. Skema yang disederhanakan (Gb.3) memperlihatkan bagian-bagian. Transistor yang diuji dinyatakan dengan TT. Sebuah rangkaian sumber arus menyediakan arus basis TT yang selalu 10 uA. Arus ini membangkitkan tegangan pada R3. Tegangan pada R3, yang bergantung kepada harga β transistor, diukur dengan pertolongan penanding, IC 1. Alatukur elektronik semacam ini adalah pengganti yang menarik bagi alatukur kumparan-putar, sebab kumparan putar membikin rangkaian bertambah mahal. Penanding bekerja seperti yang disebutkan oleh namanya: menandingkan tegangan yang ada pada R1 dengan tegangan yang dapat diatur-atur yang dalam skema yang disederhanakan gambarnya sebagai baterai variabel. Kalau kedua tegangan itu sama besar, maka LED menyala, dan pada skala di sumber arus yang dapat diatur-atur itu kita bacalah harga β.

Skemanya.
Gb.4 adalah skema lengkapnya. Sumber arus konstan terdiri dari R1, R2, D1 dan T1. Bagaimanakah kerja sumber arus konstan dibicarakan dalam Aneka Proyek 2, halaman 20. Secara singkat dapat dijelaskan bahwa dioda zener D1 memantapkan tegangan yang ada pada resistor emitor R1. Akibatnya

Gambar.1: Pelayanan alatuji transistor sederhana saja: transistor dihubungkan, alatuji hidupkan, dan tombol diputar sampai LED menyala.

Gambar.2: Arus basis menentukan arus kolektor. Kedua arus itu menjadi satu di emitor.

*) β dinamai juga faktor penguatan arus searah. Ada berbagai definisi tentang faktor penguatan ini, yang sudah diperoleh dari berbagai metoda pengukuran. β tersebut adalah sama dengan h_{FE}.

adalah bahwa arus kolektor menjadi konstan. Arus ini, seperti sudah dikemukakan di atas, adalah sebesar 10 uA dan mengalir lewat basis TT ke terminal min baterai. Arus kolektor TT menjangkitkan tegangan pada R3. Contoh: Kalau TT memiliki faktor penguatan arus 200, maka arus kolektor adalah 200 × 10 uA = 2 mA.
Pada R3 terjangkit tegangan setinggi 2 mA × 1 kohm = 2 V. Tegangan ini terdapat pula pada jalanmasuk menjungkirkan (−) IC1. Jalanmasuk yang tak menjungkirkan (+) dihubungkan kepada kontak-geser potensio P1. Potensio ini berjajar pada dioda zener D1, sehingga jalanmasuk
tak menjungkirkan itu memperoleh tegangan yang ditentukan oleh kedudukan kontak-geser potensimeter, bervariasi antara 0 V dan 4,7 V (selalu diukur terhadap saluran plus).

Selisih tegangan yang ada di antara kedua jalanmasuk IC1 dikuatkan oleh IC1 beberapa ratus ribu kali. Namun hal penguatan itu tidak dapat sembarangan, sebab besar tegangan yang sudah dikuatkan tidak akan dapat melebihi tegangan catu yang 9 V, dan juga tidak mungkin kurang dari 0 V. Kalau sekiranya faktor penguatnya 100 000, itu berarti bahwa hanya selisih tegangan antara plus atau min 45 uV akan benar-benar dikuatkan; kalau selisih tegangan lebih besar, maka di jalankeluar IC1 muncullah 0 V atau 9 V. Kalau 0 V, maka LED menyala; kalau 9 V LED padam. Jadi nyala LED menyatakan bahwa tegangan yang berasal dari potensiometer terhadap saluran plus adalah lebih besar ketimbang tegangan yang ada pada R3. Tepat pada selisih antara LED yang menyala dan tak

5

Gambar.3: Skema dasarnya. Sumber arus memberikan arus basis kepada transistor yang diuji (TT). Arus kolektor diukur berdasarkan tegangan yang ada pada R3.

Gambar.4: Skema selengkapnya. Op-amp IC1 guna memberi tahu kapankah P1 dan R3 sama besar.

Gambar.5: Pencatuan dengan baterai 9 V.

Daftar komponen:
R1 = 390 k
R2 = 680 Ω
R3 = 1 k
R4 = 390 Ω
P1 = 500 k linier
D1 = dioda zener 4,7 V/400 mW
D2 = LED
T1 = BC557 B (BC547 B, untuk gambar 8)
IC1 = LF 356
S1 = saklar *on-off*

Lain-lain:
papan-cetak
jepitan baterai
baterai 9 V
3 jepitan buaya
1 cincin jepitan LED
1 potensio 100 k linier (guna menera)
kotak, tombol putar,
material montase

menyala menandakan bahwa tegangan-tegangan yang ada pada kedua jalanmasuk IC1 adalah sama besar.

Ukuran rangkaian sangatlah kecil. Skema bangunan menunjukkan tentang cara-cara meletakkan komponen-komponen. Kawat-kawat penghubung dikupas isolasinya, ditusukkan dari sisi papan-cetak yang memuat komponen menerobos ke sisi yang lain (sisi bawah) lalu disolder di bagian bawah itu.

Untuk memasang LED pada rumahnya dapat digunakan cincin-cincin jepit. Untuk menghubungkan transistor yang hendak diuji tersedia tiga kawat berwarna yang dilengkapi jepitan buaya, dan ditandai masing-masing dengan E, B dan C.

Op-amp LF 356 dapat juga diganti dengan TL 081. Tipe 741 akan dapat juga dipakai, tetapi dengan IC ini tidak akan dapat diuji transistor yang β-nya berharga kurang dari 120. Harga ini terdapat banyak pada transistor daya. Pada waktu memasang IC, perhatikanlah pada tanda yang dekat pada pena 1. Sebelum ditanam ke soket, pena-pena IC perlu sedikit (dengan hati-hati) ditekuk ke dalam, agar pena-pena dapat masuk ke soket

Menera

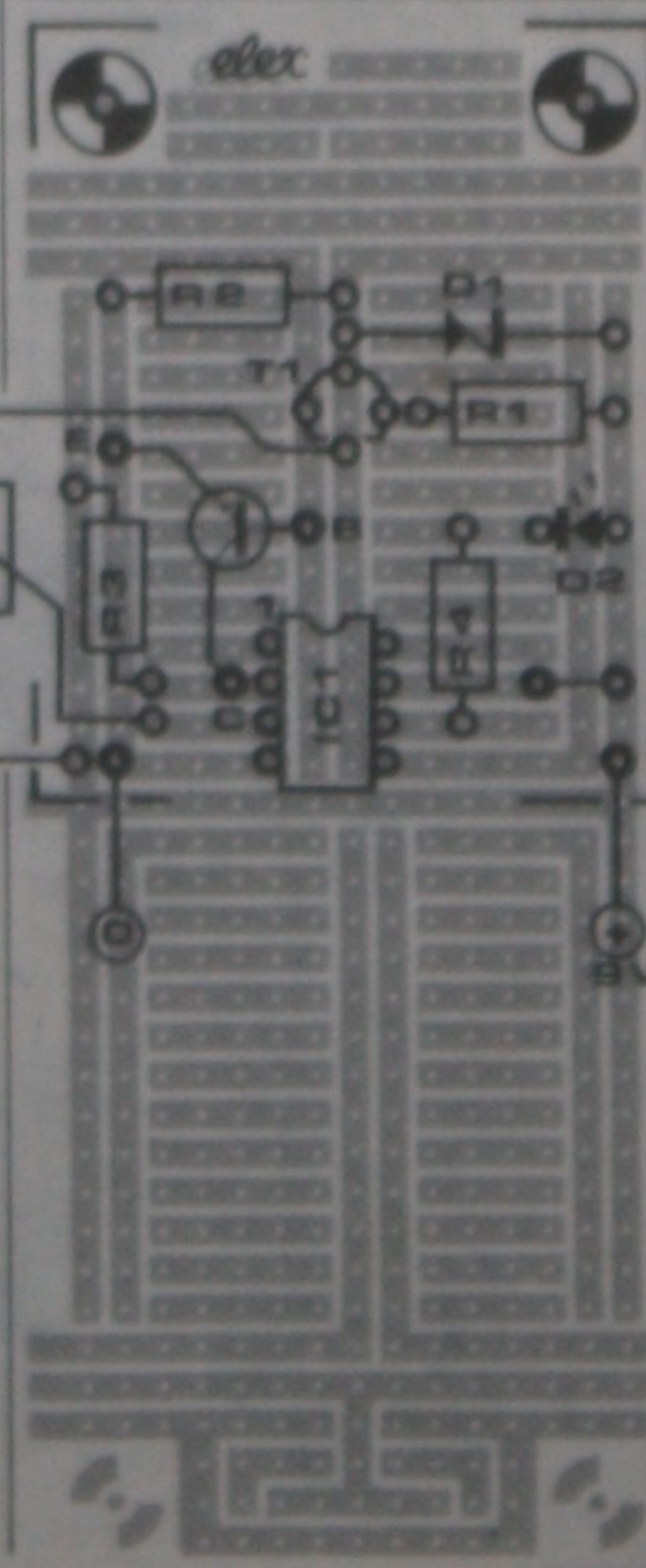
Pekerjaan terakhir adalah melengkapi skala potensiometer P1 dengan harga-harga. Terlebih dulu kita harus mengetahui dengan tepat, berapa besarkah arus dari T1 yang diberikan kepada basis transistor yang diuji. Multimeter (ditaruh pada jangkah uA) kita pasang sebagai pengganti TT dan dihubungkan kepada terminal B (+) dan E (−). Lihat juga Gb.6. Arus yang diukurnya mungkin tidak tepat 10 uA. Kita baca harga yang diukur itu seteliti mungkin, lalu mencatatnya. Kemudian multimeter kita dereti sebuah potensiometer liner 100 kohm dan dihubungkan di antara titik-titik C dan E (Gb.7). Dengan rangkaian ini kita menirukan berbagai arus kolektor antara 0,25 mA dan 4,5 mA dalam langkah-langkah 0,25 mA. Setelah setiap satu langkah, LED padam, dan kedudukan P1 kita tandai dan diberikan harga β-nya. Harga β yang ke satu adalah 25, kemudian naik dengan langkah-langkah 25, sampai mencapai 450. Hal-hal itu berlaku,, hanya kalau arus basis tepat 10 uA. Kalau tidak demikian diperlukanlah sedikit hitung-menghitung. Contoh: arus basis adalah 11 uA. Untuk menemukan tanda bagi β = 25, kita kalikanlah 11 uA itu dengan 25; diketemukan 0,275 mA. Harga itu kita stel dengan rangkaian uji, lalu P1 kita putar supaya LED padam.

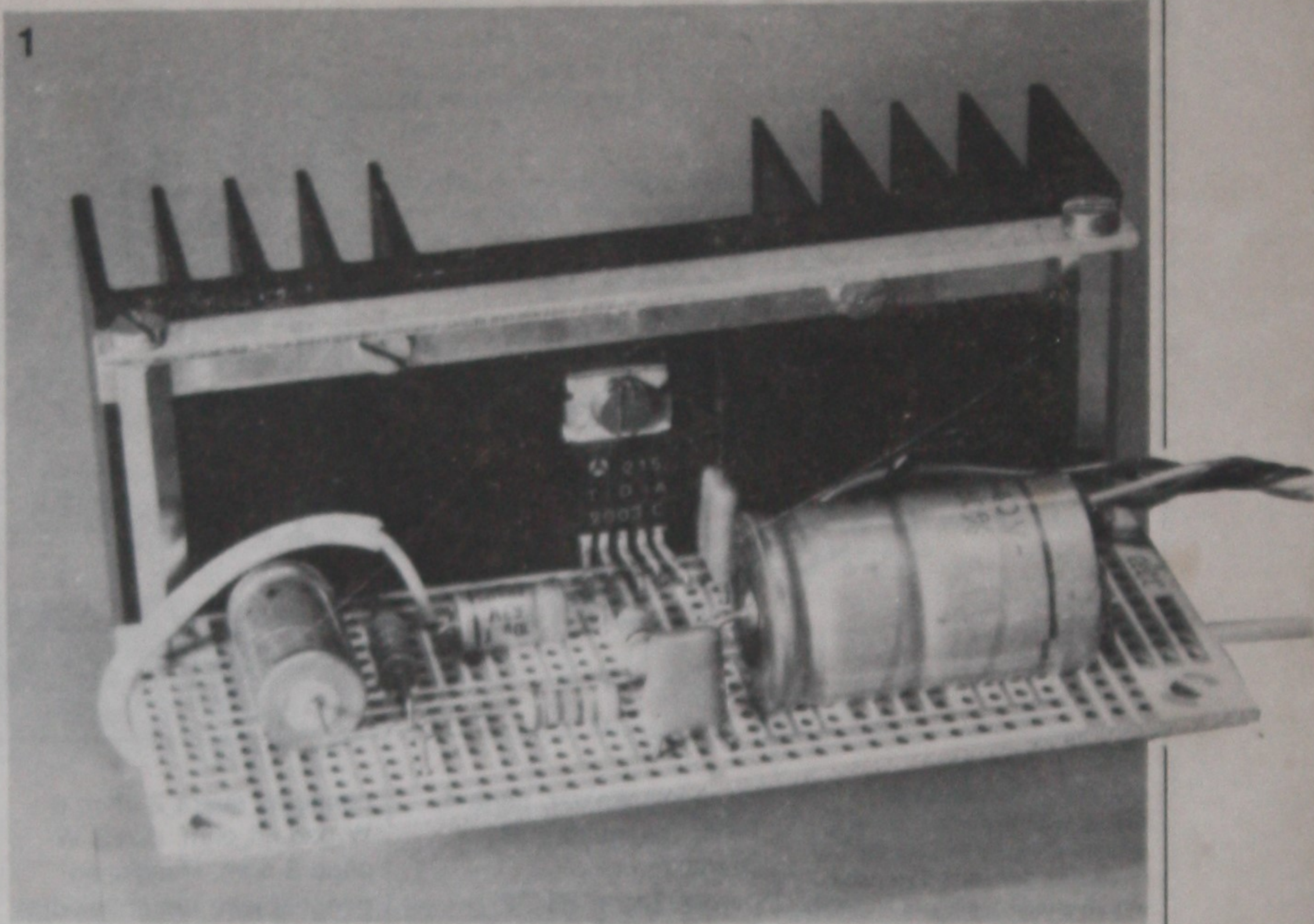
Gambar.6: Dengan beginilah arus dari sumber arus konstan diukur.

Gambar.7: Skala ditera dengan menggunakan potensiometer dan multimeter.

Gambar.8: Versi ini guna menguji transistor PNP. Cara kerjanya sama dengan rangkaian yang lain.

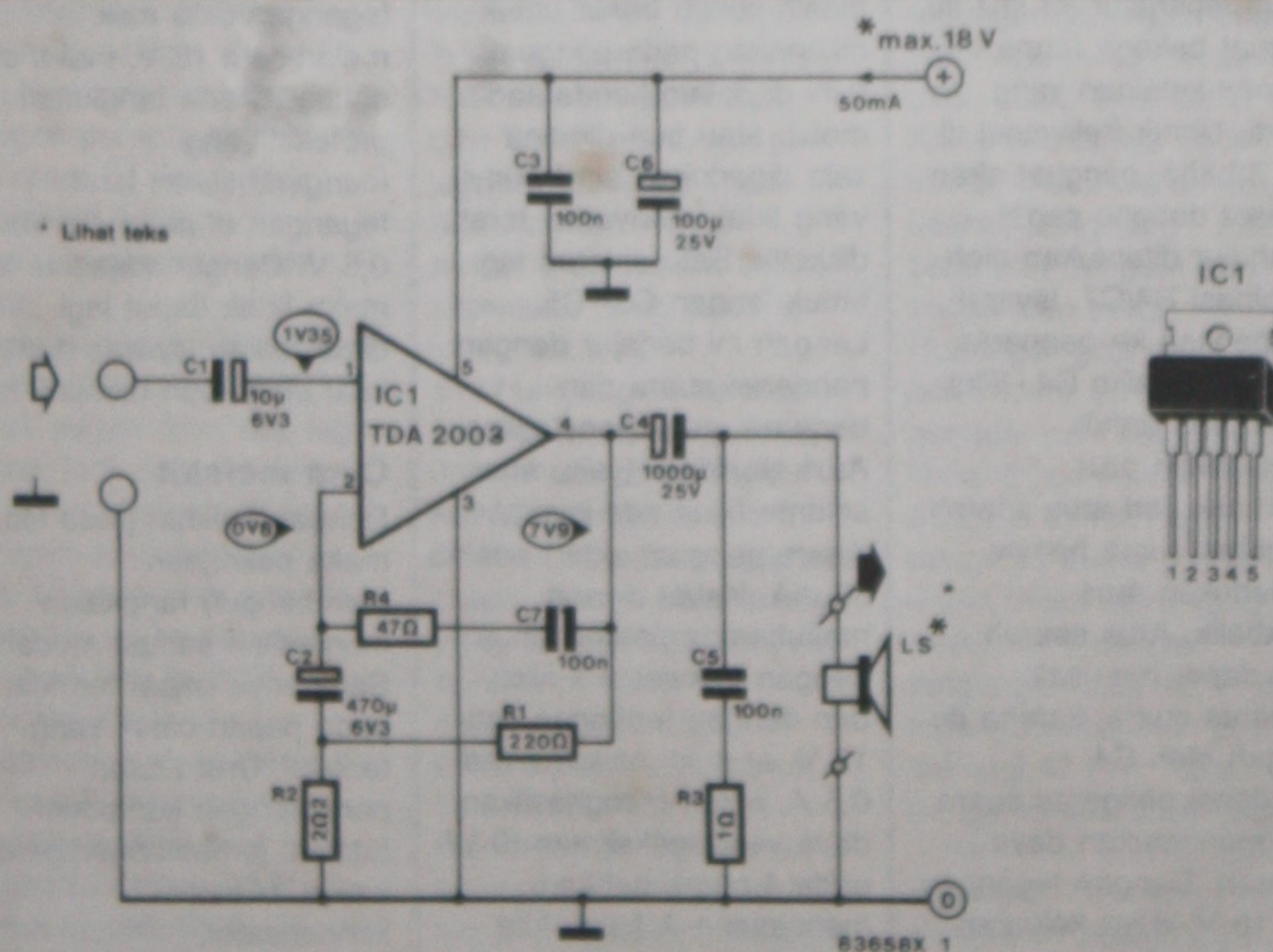
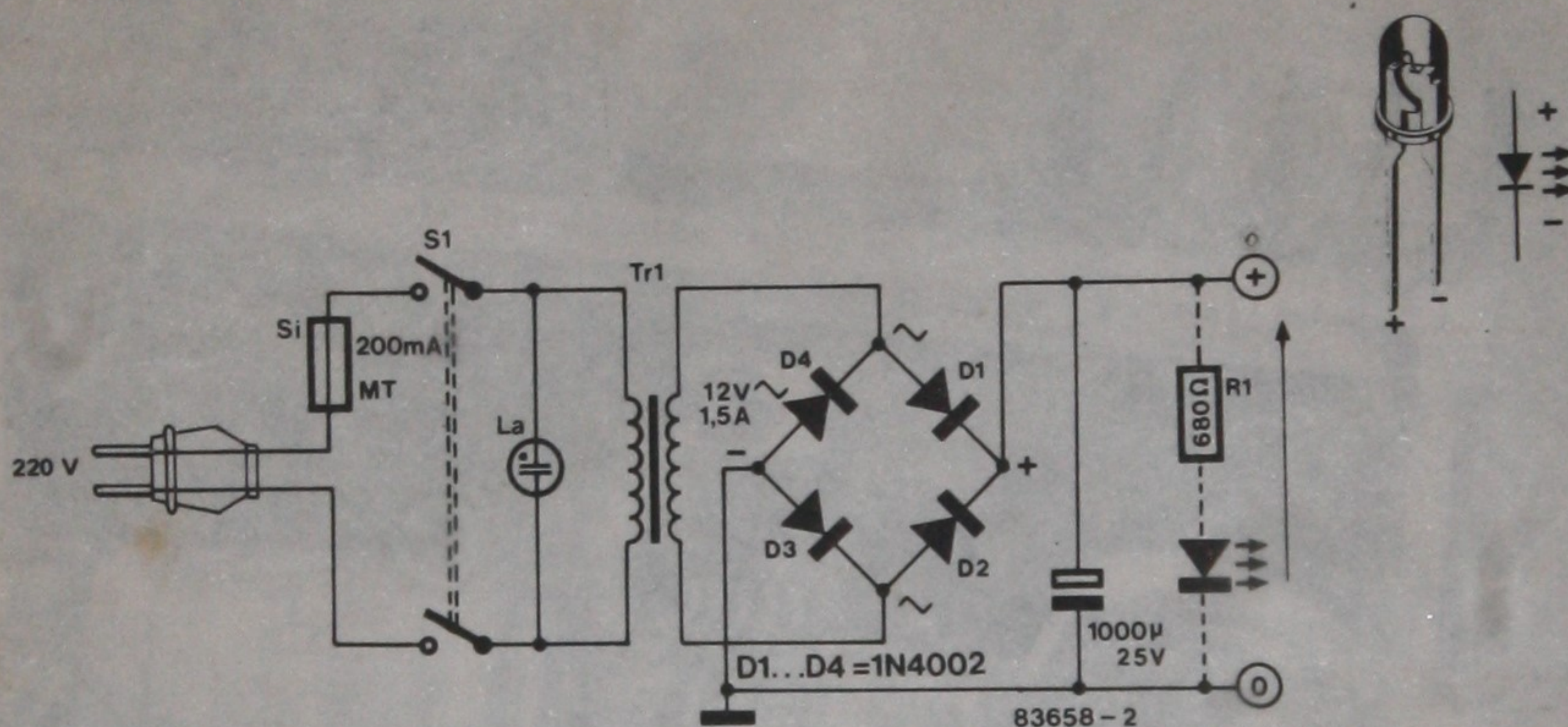
Alatuji PNP

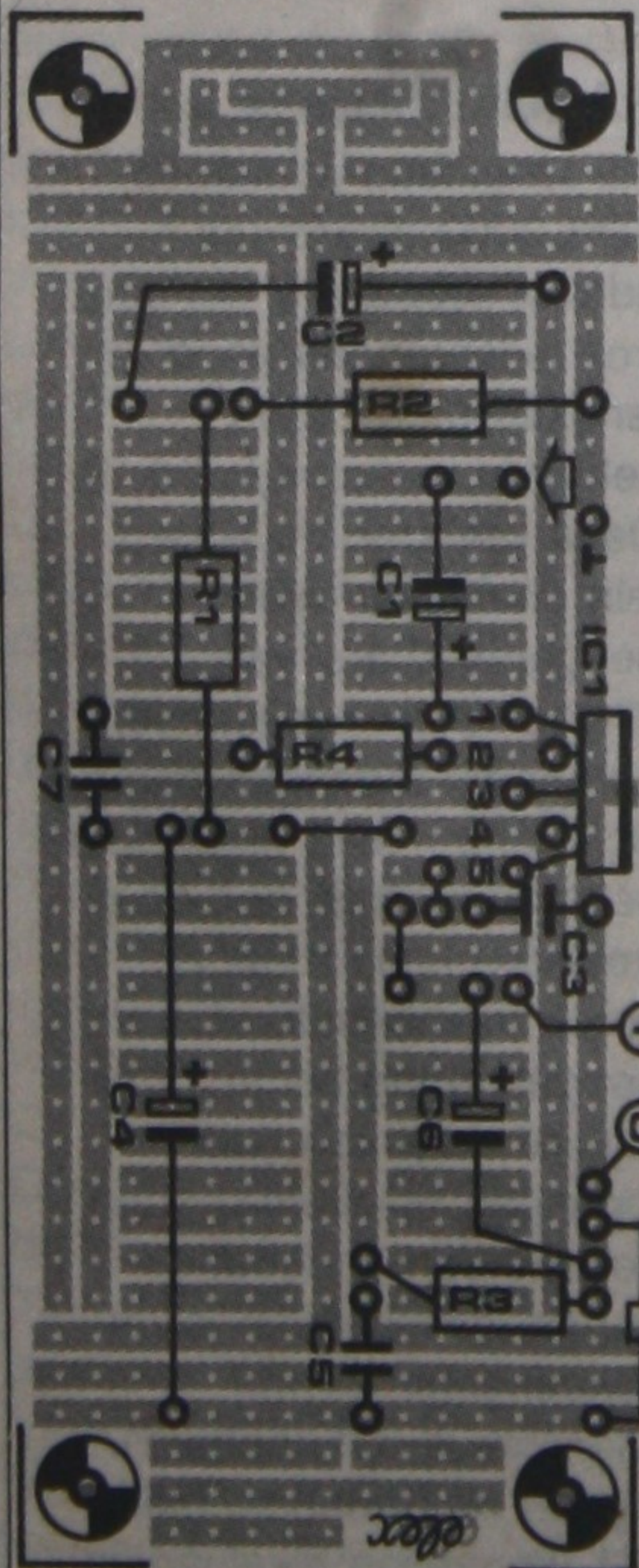
Rangkaian dalam Gb.8 bekerja tepat seperti rangkaian yang dikemukakan di atas. Karena sumber arus ditukar polaritasnya, maka dengan rangkaian ini akan dapat diuji transistor-transistor PNP. •

8. PENGUAT MINI

Kalau kita berbicara tentang penguat, maka setiap orang mengerti bahwa yang dimaksud adalah: sebuah penguat frekuensi rendah yang bila disambungi pengeras suara, akan mengeluarkan isyarat-isyarat audio.
Rangkaian bunyi pada dasarnya terdiri atas sebuah sumber bunyi (mikrofon, penala, perekam-pita, alat-pungut), sebuah penguat depan beserta pengatur volume, pengatur nada, dan penguat akhir.
Penguat depan berguna untuk mengatur taraf keluaran dari sumber. Taraf ini ditentukan oleh posisi pengatur volume. Namun isyarat yang dikeluarkan masih terlampau lemah untuk menggerakkan pengeras suara. Karena itu diperlukan sebuah penguat akhir yang menghasilkan isyarat berdaya cukup besar untuk mengeluarkan bunyi yang kuatnya menuruti selera. Penguat akhir dalam proyek yang akan dikemukakan di sini menghasilkan daya maksimum 10 W. "Mini" yang dimaksudkan dalam judul di atas bukanlah daya yang kecil, melainkan bahwa komponen-komponen yang diperlukan hanyalah sedikit saja. Hanya 12! Jadi penguat kita memang mini dalam harga, dan juga mini dalam ukuran.

Gambar 1: Penguat akhir yang sudah jadi.

Gambar 2: Rangkaian seluruhnya. Perhatikanlah pada nilai-nilai tegangan searah yang akan dapat dipakai sebagai pedoman dalam pekerjaan penyetelan arus searah.

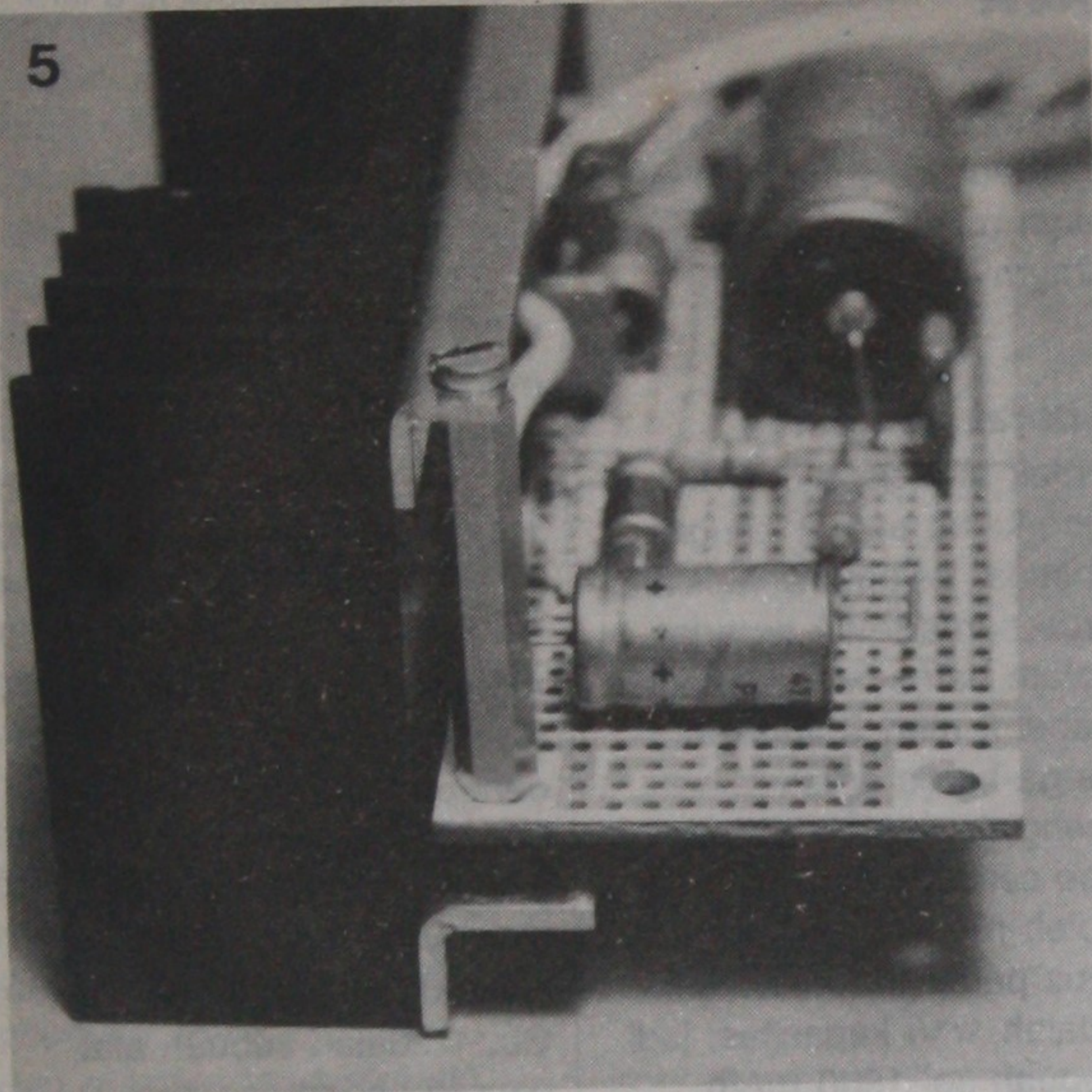
RANGKAIANnya

Inti rangkaian adalah IC TDA 2003 (Gb.2). Ini adalah sebuah IC penguat frekuensi-rendah yang lengkap untuk daya keluaran maksimum 10 W. Daya keluaran ini antara lain ditentukan oleh pengeras suara yang dihubungkan kepadanya, dan tinggi tegangan catu. Selain itu masih diperlukan beberapa komponen pasif (resistor, kondensator) untuk membentuk sebuah penguat yang benar.
Isyarat masukan (jadi tegangan bolakbalik) yang berasal dari penguat depan, dimasukkan lewat kondensator C1 ke jalanmasuk IC1 (pena 1). Isyarat ini dikuatkan oleh IC1, kemudian dikeluarkan

Gambar 3: Pencatu daya yang paling sederhana bagi penguat, apabila penguat hendak dipakai tersendiri. Perhatikanlah pada aturan-aturan tegangan bolakbalik yang berlaku.

Gambar 4: Tata letak komponen-komponen. Semua komponen ada di papan, terkecuali pencantu daya.

lewat jalankeluar, pena 4. Faktor penguatan IC1 ditentukan oleh perbandingan R1/R2. Dengan pilihan seperti dalam skema kita, faktor penguatan itu adalah 100. Penguat memiliki lebarjalur 33 khz. Ini cukup lebar bagi audio. Manusia dapat mendengar frekwensi sampai setinggi 20 khz, kalau telinganya baik. Dalam lebarjalur 33 khz itu, penguat bekerja tanpa kelainan-kelainan yang berarti. Untuk frekwensi di atas 33 khz, penguat akan merosot dengan cepat. Lebarjalur ditentukan oleh kombinasi R4/C7. Isyarat diumpankan ke pengeras suara lewat elko C4. Elko ini berguna untuk memisahkan arus bolakbalik dari arus searah. Pengeras suara hanya memerlukan arus bolakbalik. Arus searah akan dapat merusak pengeras suara; karena itu dicegah oleh C4. Impedansi pengeras suara turut menentukan daya keluaran. Dengan tegangan catu 18 V, daya keluaran adalah 10 W pada pengeras suara 2 ohm; 6 W pada 4 ohm, dan 3 W pada 8 ohm. Rangkaian penguat juga dapat bekerja dengan tegangan catu lebih rendah, tetapi itu akan mengecilkan daya keluaran. Kalau misalkan tegangan catu 12 V, maka pada 2 ohm dayanya adalah 6 W, pada 4 ohm 3 W, dan pada 8 ohm hanya 1,5 W. Namun daya-daya itu masih cukup besar untuk dikenakan pada penguat mini di dalam kendaraan mobil, atau pun dimana saja diperlukan taraf bunyi yang tidak menyamai taraf diskotik. Satu catatan lagi untuk lengan C3–C5. Lengan ini berjajar dengan pengeras suara dan berguna untuk penstabilan. Arus stasioner (yaitu arus selama tidak ada isyarat dalam penguat akhir) adalah 50 mA. Kalau isyarat masukan berbentuk sinus dengan frekwensi 1 khz, dan dengan tegangan catu 18 V, arus ini naik menjadi 0,5 A, untuk menghasilkan daya yang maksimum (6 W pada 4 ohm); bahkan mencapai 1 A kalau kita masukkan daya 10 W kepada pengeras suara 2 ohm. Penyediaan arus bagi penguat mini ini tidaklah merupakan persoalan, kalau dipakai dalam kendaraan mobil sebagai penguat akhir untuk radio mobil. Pencatuan itu dapat disadap dengan langsung dari aki mobil. Kalau dipakai dalam rumah, akan diperlukan pencatuan dari jaringan umum (Gb.3). Pencantuan tegangan untuk penguat akhir tidak perlu distabilkan benar. Karena itu dapat kita gunakan sebuah trafo (12V/ 1,5 A), penyearah jembatan (dioda D1 ... D4) dan kondensator perata 1000 uF/25 V. Dengan menderetkan R1 dengan sebuah LED kita pun dapat membikin sebuah lampu *on-off*. Tegangan keluaran pencatu ini adalah kira-kira 16 V. Tegangan catu pada pena 5 IC1 tidak boleh melampaui 18 V. Memang IC masih mampu untuk dicatu dengan tegangan 28 V, namun dengan tegangan setinggi ini kita tidak akan beroleh banyak keuntungan. Kalau tegangan catu naik melampaui 18 V, maka di dalam IC ada rangkaian proteksi yang mengembalikan taraf tegangan di pena 4 pada 0,5 V. Dengan kejadian ini, maka tidak dapat lagi dimasukkan isyarat, dan kuat bunyi pun menjadi nol.

Cara merakit

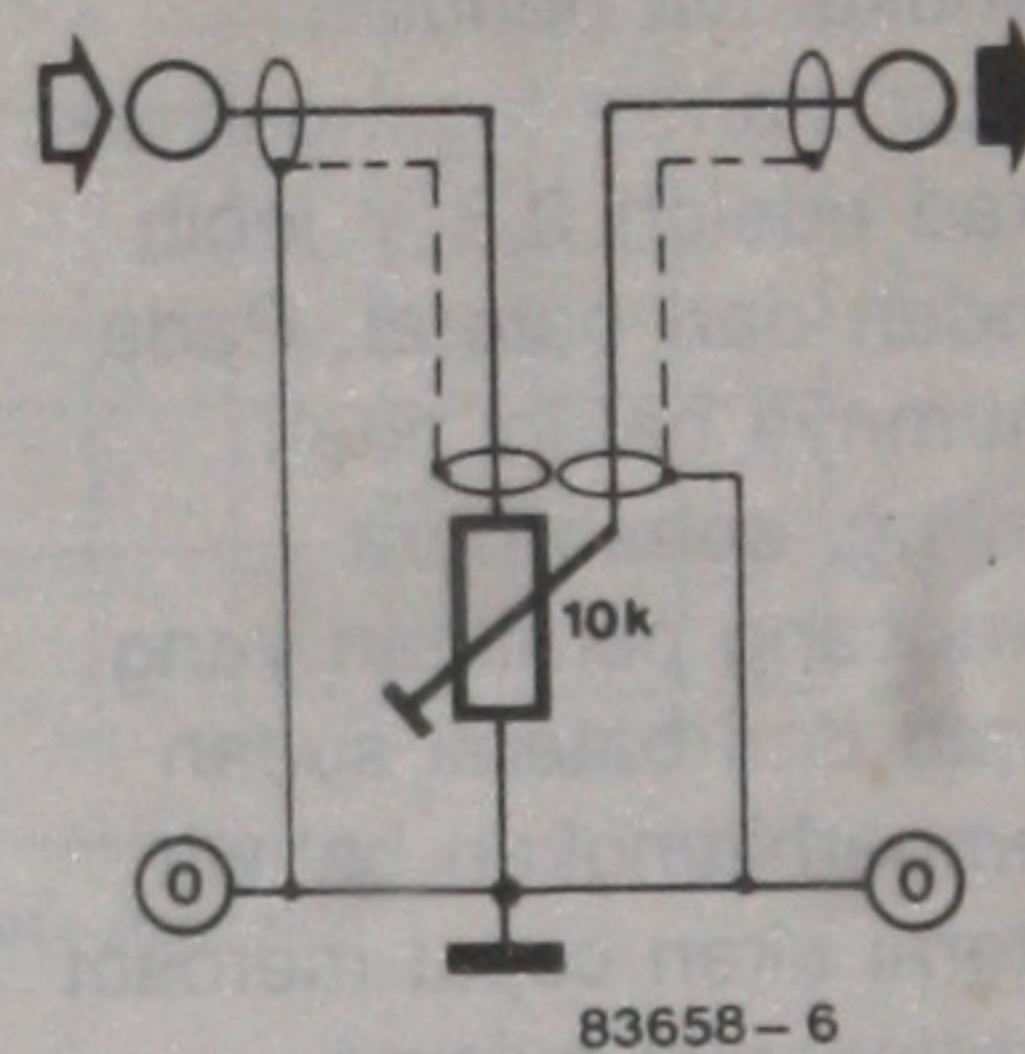
Dengan melihat pada Gb.4 maka pekerjaan membangun rangkaian menjadilah sangat mudah. Semuanya dapat termuat pada papan-cetak yang terkecil. Urut-urutan pemasangan komponen adalah: jembatan-jembatan kawat, resistor, kondensator, semikonduktor. Dengan

5

Gambar 5; Cara pemasangan badan pendingin. Perhatikanlah pada celah yang ada di sela-sela papan-cetak dan bagan pendingin.

Gambar 6: Pelemah (yang dapat diatur-atur) yang diperlukan, bila isyarat masukan terlampau kuat

6

10k

83658 – 6

Daftar komponen untuk penguat mini

R1 = 220 Ω
R2 = 2,2 Ω
R3 = 1 Ω
R4 = 47 Ω
C1 = 10uF/6,3 V
C2 = 470 uF/6,3 V
C3, C5, C7 = 100 nF
C4 = 1000 uF/25 V
C6 = 100 uF/25 V
IC1 = TDA 2003/TDA 2002

Lain-lain:
Pengeras suara 2Ω/10 w, 4Ω/6 W atau 8Ω/3 W (lihat teks)
1 badan pendingin SK72 + material untuk memasangnya
1 papan-cetak

menerapkan urut-urutan ini, maka komponen-komponen menjadi kian tinggi dan juga kian peka terhadap panas (dari besi solder). Gb.1 mengemukakan bagaimanakah cara membelokkan pena-pena IC1, dan bagaimanakah IC disekrupkan kepada pendinginnya. Bidang logam pendingin IC dihubungkan ke massa dengan pena 3. Karena itu di antara IC dan badan pendingin tidak perlu disisipi lembaran isolasi mika.
Kalau hendak ditambahkan pencatu daya, pada papan-cetak sudah tidak ada lagi ruang; jadi pencatu daya itu perlu dibangun terlepas. Dengan dua kawat, yaitu satu untuk + dan yang lain untuk –, maka penguat dihubungkan kepada pencatu daya.
Bagaimanakah badan pendingin dilekatkan, diperlihatkan secara terperinci dalam Gb.5. Untuk keperluan itu digunakan siku-siku aluminium, dan bus-bus peregang. Perhatikan benar-benar bahwa antara papan-cetak dan badan pendingin perlu ada celah beberapa milimeter, guna mencegah terjadinya hubungsingkat, sebab badan pendingin terhubungkan kepada massa.
Kalau kesemuanya sudah tersolder dengan kokoh, dan badan pendingin pun sudah terpasang, maka dapatlah ujian yang pertama dilakukan. Untuk keperluan pengujian ini, jalanmasuk dihubungsingkat ke massa (isyarat masukan ada nol). Jalankeluar dihubungkan kepada pengeras suara; perhatikan bahwa pengeras suara mampu dikenai daya yang dikeluarkan penguat, apabila penguat dikemudikan dengan penuh. Salah satu kawat catu diputuskan untuk menderetkan multimeter (ditaruh pada jangkah 100 ma DC). Kalau pencatu daya dihidupkan, terukurlah kuat arus catu; ini harus berharga kira-kira 50 mA. Pengeras suara harus membisu. Kalau tidak demikian halnya, segera matikanlah, dan periksalah papan-cetak kalau-kalau ada kesalahan. Kalau kuat arus stasioner ternyata benar, maka dapatlah tegangan-tegangan searah yang ada pada ţitik-titik ukur, ditilik; lihat Gb.2. Kalau semuanya sudah cocok, maka stelan-kerja searah penguatnya adalah baik, dan penguat pun sudah siap pakai.
Hubungsingkat di jalanmasuk dibuang, dan penguat mini dihubungkan kepada jalankeluar sebuah penguat depan. Agar pengeras suara 2 ohm dapat diberi daya yang maksimum, dengan tengangan catu 18 V, maka tegangan masukan perlu setinggi 45 mV. Kalau pengeras-suaranya sebesar 4 ohm atau 8 ohm, maka tegangan masukan yang diperlukan adalah 50 mV. Kalau sekiranya penguat depan mengeluarkan isyarat yang terlampau kuat, maka isyarat itu perlu dilemahkan terlebih dulu sebelum dimasukkan ke penguat mini. Untuk keperluan ini dipakailah sebuah potensiometer yang dipasang seperti dalam Gb.6. Untuk menghubungkan jalankeluar penguat depan dengan jalamasuk penguat mini (dengan ada potensiometer pelemah atau tidak), perlulah dipakai kabel yang berpelindung. Pelindung merupakan massa bagi isyarat dan menghubungkan massa penguat depan dengan massa penguat akhir. Pelindung pun mencegah terpungutnya gangguan-gangguan (dengung). Pengeras suara dengan impedansi 2 ohm sulit diperoleh. Kalau ingin memperoleh daya yang maksimum dari penguat, maka secara sederhana dapatlah dijajarkan saja dua buah pengeras suara dari 4 ohm. •

9. DIISI ULANG ATAUKAH DIBUANG SAJA

Akhir-akhir ini aki nekel-kadmium sangat merosot harganya. Tipe-tipe yang banyak terdapat hanyalah tiga atau empat kali mahal ketimbang baterai biasa (yang kalau sudah habis dibuang). Karena kini aki NiCd (nikad) mempunyai ukuran yang sama dengan baterai normal, maka perlulah kita mempertimbangkan apakah ada untungnya kalau baterai-baterai kita tukar saja dengan aki itu. Aparat pengisi berikut akan dapat dimanfaatkan kelak. Untung-rugi baterai dan aki dikemukakan dalam tabel 1. Pada umumnya kita boleh menyimpulkan bahwa penggunaan aki barulah ada artinya, kalau diperlukan arus besar-besar (misalnya elektromotor buatan sendiri) dan kaset-radio tentengan. Pemakai arus kecil-kecil, misalnya lonceng, dapat dicatu dari baterai. Kalau hendak menukarnya perlulah diingat bahwa tegangan sel nikad adalah 0,3 V lebih rendah dari baterai. Pada umumnya hal ini tidak penting, sebab para perancang peralatan yang dicatu dari baterai sudah memperhitungkan bahwa baterai akan cepat merosot tegangannya selama dipakai. Sebaliknya tegangan aki nikad adalah sangat mantap. Selain itu, nikad tidak boleh dibiarkan terlampau jauh terbuang muatannya, sebab hal ini akan memperpendek umurnya.

Aparat pengisi

Untuk mengisi aki NiCd diperlukan aparat pengisi khusus. Selama pengisian, arus harus tetap berada dalam batas-batas tertentu. Tabel 2 mencantumkan harga-harga arus mengisian untuk berbagai tipe sel. Secara umum kita boleh menganggap bahwa arus pengisian maksimum adalah 1/10 kapasitas; jadi sebuah sel 1800 mA/h perlu diisi dengan arus kira-kira 180 mA. Maka waktu pengisian yang diperlukan menjadi kira-kira 14 jam.

$$\text{waktu pengisian} = 1{,}4 \; \frac{\text{kapasitas}}{\text{arus pengisian}}$$

CONTOH: Sebuah sel mono 4000 mA/h diisi dengan 200 mA.

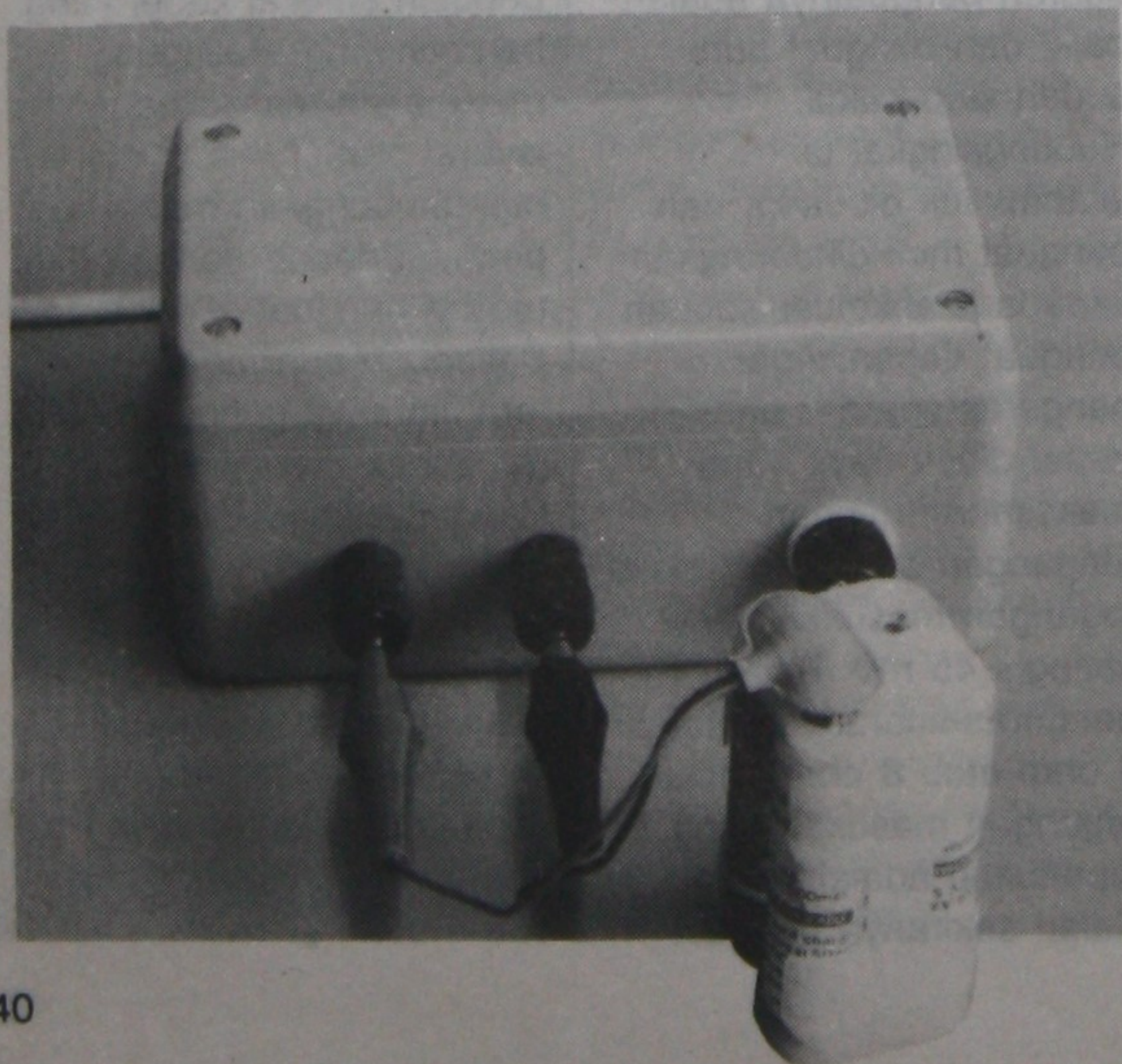
$$1{,}4.\; \frac{4000\text{mA/h}}{200 \text{ mA}} = 28 \text{ jam}$$

Aki yang selama beroperasi dideretkan, juga diisi dengan dideretkan pula. Dengan cara itu, arus pengisian, jadi juga kondisi terisinya, dalam semua sel menjadi sama. Gb. 1 adalah sebuah alat pengisi sederhana dan murah. Tegangan jaringan yang sudah diturunkan oleh

Tabel 1

	baterai	Aki Nicd
harga beli	rendah	tinggi (ingat pada pengisian ulang)
biaya pemakaian	tinggi	rendah
kapasitas	tinggi	rendah (separoh dari baterai kering)
tegangan sel	1,5 V	1,2 V
kemantapan tegangan	jelek	baik
kemungkinan bocor	ya	tidak

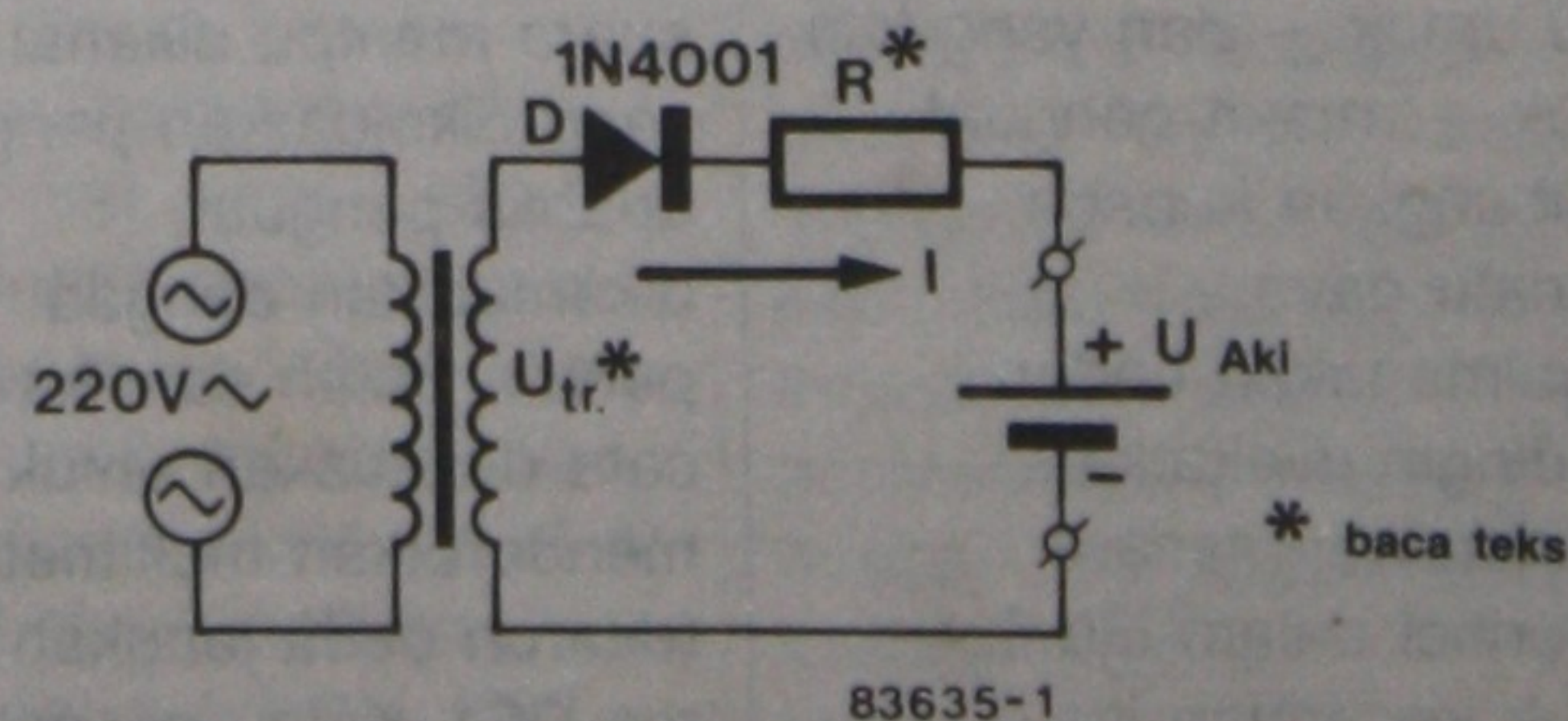
Tabel 2:

Nama dan huruf lambang internasional	nomor IEC baterai	nomor IEC aki	arus pengisian (mA)	kapasitas
sel *penlight* AA	R6 (1,5V)	KR 15/51 (1,2V)	46 ... 60	500 mA/h
sel *baby* C	R14 (1,5V)	KR 27/50 (1,2V)	120...200	1800 mA/h
sel mono D	R20 (1,5V)	KR 35/62 (1,2V)	120...400	4000 mA/h
tipe 9V —	6F22 (9V)	—	7... 11	110 mA/h

Tabel 1: Untung rugi baterai dan aki.

Gambar 1: Rangkalan pengisi ini terdiri dari hanya tiga komponen: sebuah trafo, dioda, dan resistor

Tabel 2: Tabel ini berguna untuk menentukan, tipe aki manakah yang dapat dipakai sebagai pengganti sesuatu tipe baterai, dan memerlukan arus pengisian berapakah aki itu.

1

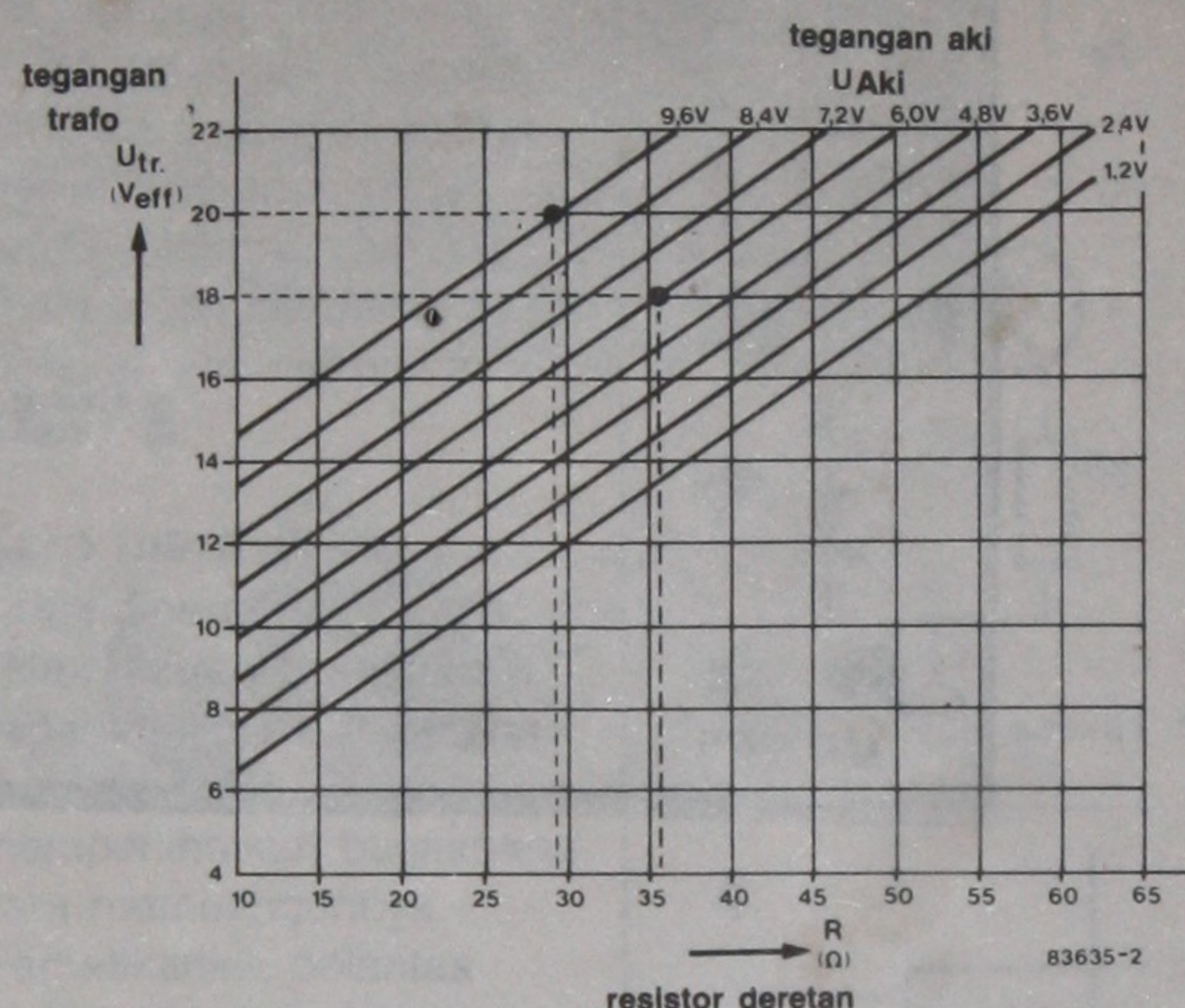
1N4001
D
R*
I
220V~
Utr*
+ U Aki
* baca teks
83635-1

trafo, disearahkan, lalu dikenakan kepada aki dengan lewat sebuah resistor deretan. Rangkaian akan bekerja dengan memuaskan, hanya kalau tegangan trafo cukup tinggi. Maka resistor deret dapat diberi nilai sedemikian agar sebagian terbesar dari tegangan terdapat padanya, dan hanya sebagian kecil ada pada aki. Kuat arus pun ditentukanlah oleh nilai resistor, dan karenanya boleh dikata konstan. Untuk menentukan nilai resistor itu dipakailah diagram dalam Gb. 2. Gambar ini sudah disusun berdasarkan pengukuran-pengukuran dari praktek dan berkaitan dengan arus pengisian 120 mA, cocok untuk pengisian sel-sel mono dan sel-sel kecil *(babycells)* (lihat Tabel 2).

Kita berikan contoh-contoh tentang penggunaan diagram. Aki 6 V (5 buah sel kecil) diisi tegangan bolakbalik dari trafo 18 V. Terlebih dulu kita tentukan titik silang antara garis 18 V dan garis miring yang bersesuaian dengan tegangan aki 6V. Dari titik silang ini kita tegaklurus ke bawah, maka di sumbu horisontal bawah kita baca harga resistor 36 ohm. Harga ini sulit diperoleh, jadi kita pilih saja antara harga-harga normal 33 dan 39 ohm.

Jadi setiap tegangan trafo, asalkan tidak terlampau rendah, akan dapat dipakai dengan pilihan resistor deretan yang cocok. Untuk aki yang perlu diisi dengan arus pengisian yang bukan 120 mA, resistor deretannya akan dapat dihitung dengan mudah. Misalkan bahwa aki 6 V kita di atas terdiri tidak atas 5 sel kecil, melainkan terdiri atas 5 sel *penlight.*

2

Gambar 2: Diagram guna menentukan nilai resistor deretan.

Gambar 3: Rangkaian pengisi dikawati "melayang" (tidak ada bagian yang dibumikan).

Aki ini perlu diisi dengan 50 mA; karena itu diperlukanlah resistor deretan yang lebih besar. Resistor ini perlu sebesar:

$$36\ \Omega \cdot \frac{120\ \text{mA}}{50\ \text{mA}} = 86{,}4\ \Omega$$

Resistor normal yang dekat dengan nilai ini adalah 82 Ω.

Contoh 2: Aki 9 V (9,6 V) diisi dari trafo 20 V dengan arus pengisian 10 mA. Sekali lagi kita tentukan dulu titik silang antara garis horisontal 20 V dengan garis miring 9,6 V. Nilai resistansi yang bersesuaian dengan titik silang ini adalah 28 ohm. Nilai ini perlu kita sesuaikan dulu dengan arus pengisian yang lebih kecil:

$$28\ \Omega \cdot \frac{120\ \text{mA}}{10\ \text{mA}} = 336\ \Omega$$

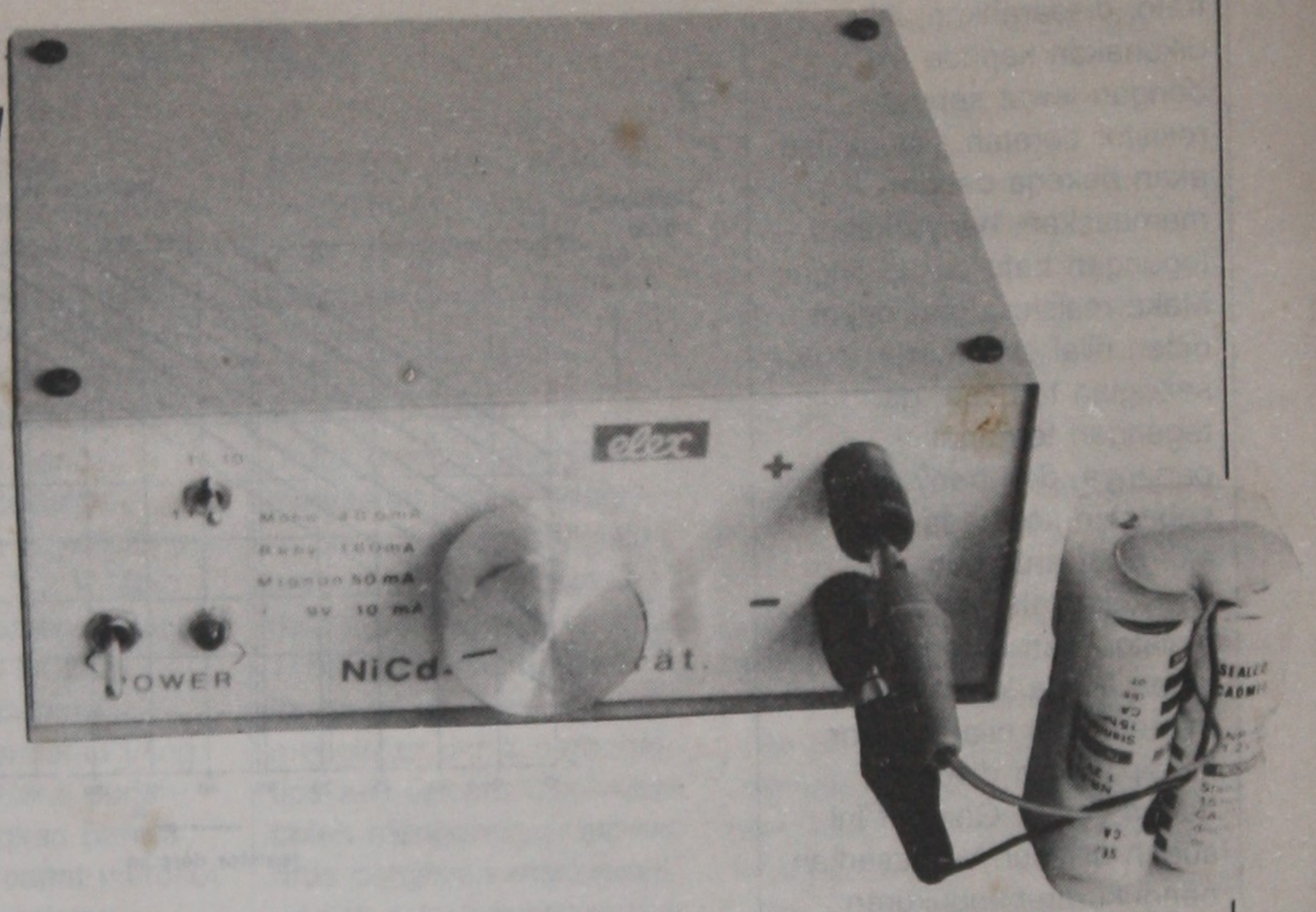
Di sini akan dapat dipakai resistor 330 ohm. Dianjurkan untuk memakai resistor 1 watt, sebab ada resiko mereka akan menjadi terlampau panas. Diodanya dapat 1N4001 yang murah. Harga tegangan pada diagram berkaitan dengan tegangan trafo yang sebenarnya (nilai efektif) yang lazimnya adalah lebih tinggi dari harga yang tercantum. Kalau diragukan, baiklah tegangan diukur dulu dengan multimeter (ditaruh pada jangkah tegangan bolakbalik, ac). Kalau aparat pengisi dipakai baru yang pertama kali, baiklah kuat arus pengisian ditilik. Kalau ada simpangan harga kecil-kecil, tidaklah mengapa; tetapi kalau misalnya arus pengisian terlampau besar, perlulah resistor deretan dibesarkan nilainya.

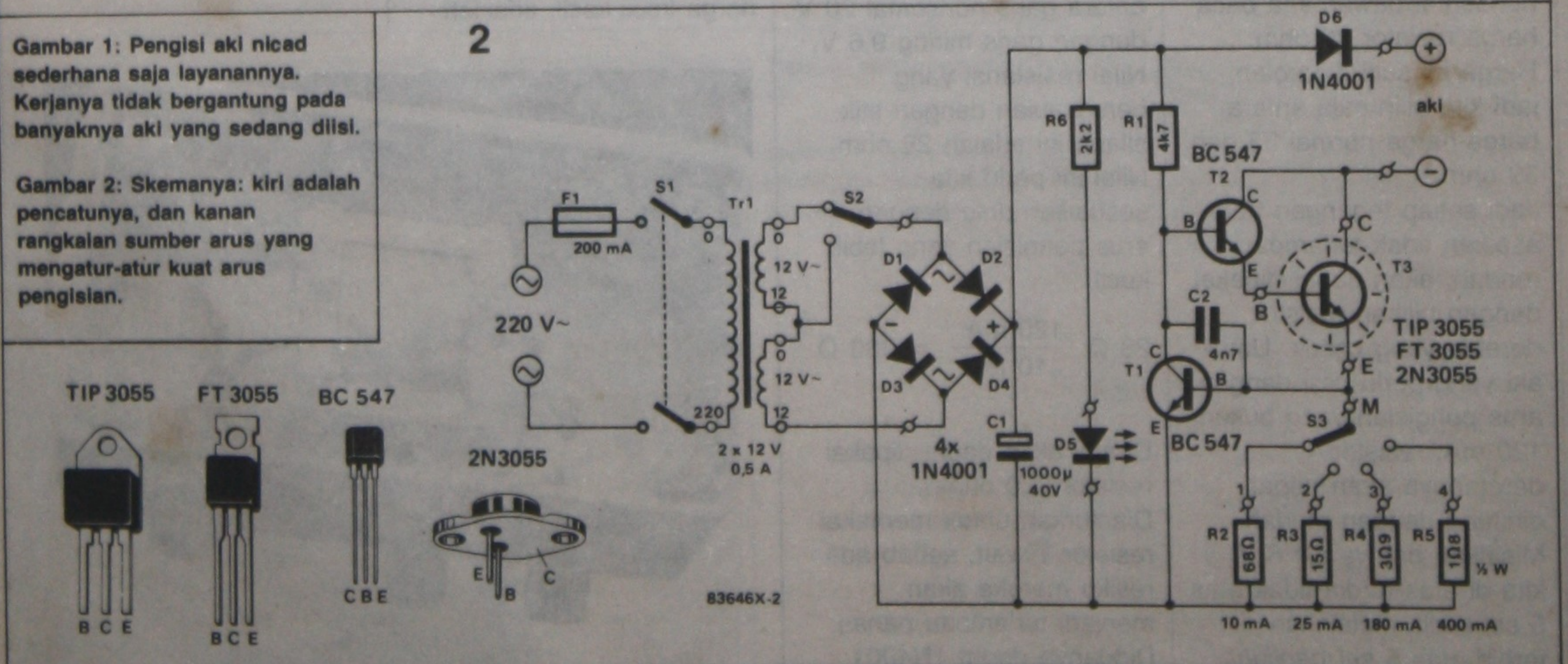
Rangkaian yang kita kemukakan di atas hanya berlaku untuk satu paket aki, bergantung kepada jenis dan banyaknya sel. Di lain kesempatan akan kita bicarakan aparat pengisi yang lebih mewah, yang tanpa hitungan-hitungan, akan dapat dipakai untuk mengisi semua aki. ●

10. PENGISI UNTUK AKI NICAD (NiCd)

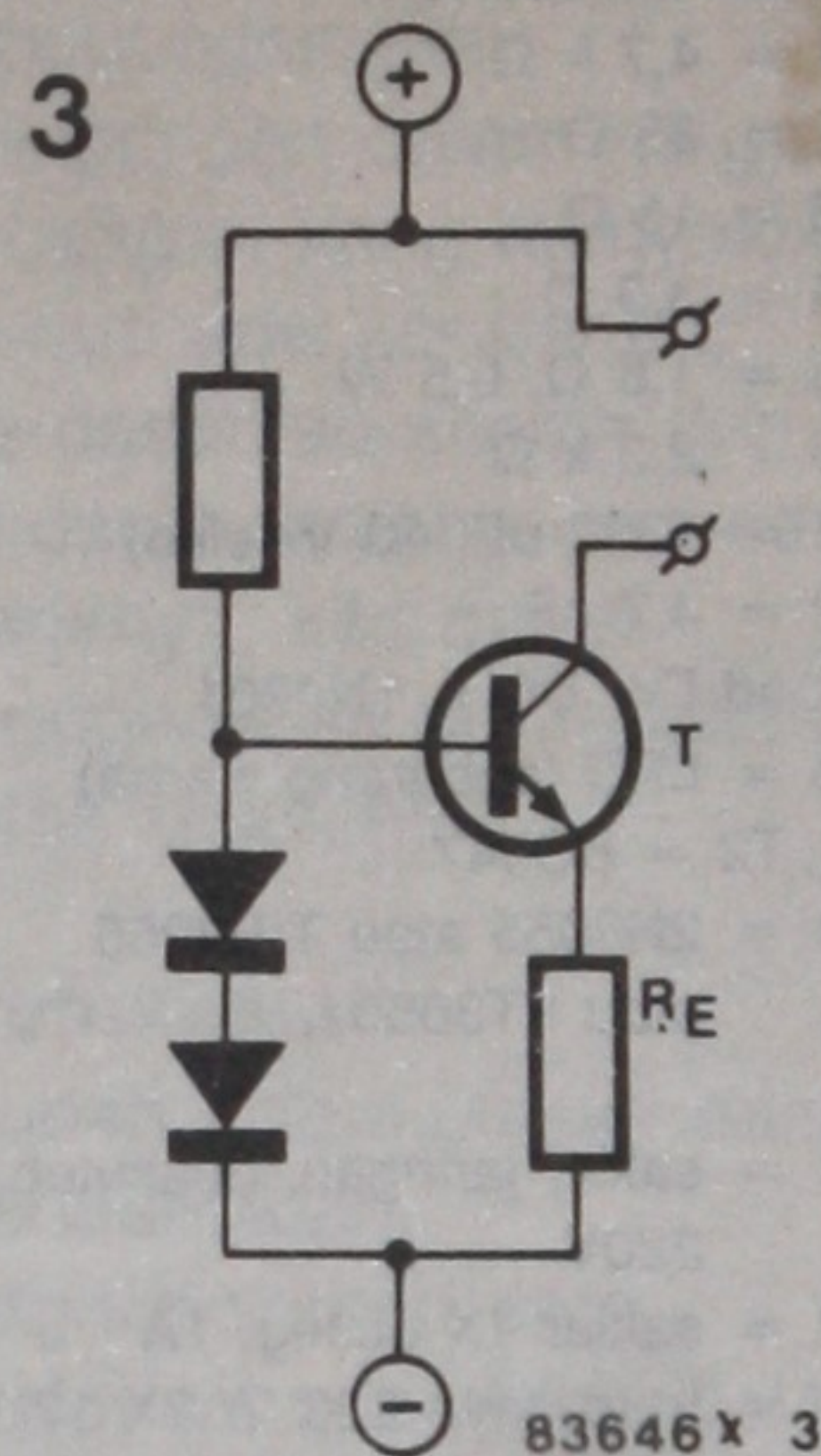
Baterai adalah mahal, juga tidak awet. Dalam hal-hal demikian akan lebih hemat kalau menggunakan aki nekel-kadmium. Kita akan membangun aparat pengisi yang ekonomis, jadi bukanlah yang hanya "sekedar" sebuah pengisi aki, melainkan pengisi yang akan dapat mengisi semua jenis aki nicad (mono, *baby, penlight* dan 9V). Dapat juga mengisi beberapa aki sekali gus, sampai sebanyak 20 buah. Meskipun rancangannya universal, namun cara layanannya adalah mudah. Dalam Gb. 1 kita lihat ada tiga unsur layanan. Saklar di kiri atas (S2) perlu dipindahkan, kalau hendak mengisi lebih dari 10 sel. Setiap tipe aki memerlukan kuat arus pengisian berlainan, dan ini distel dengan tombol besar (S3). Kemudian aki-aki dihubungkan, dengan tentu saja memperhatikan polaritasnya. Secara normal, aki-aki yang secara bersamaan mencatu sebuah aparat, juga diisi secara bersamaan. Tegangan, jadi juga banyaknya sel yang secara bersamaan diisi itu, tidak akan berpengaruh, kalau S2 benar kedudukannya. Pada tahap akhir, pengisi pun dihidupkan dengan S1 (di kiri bawah).

Rangkaiannya

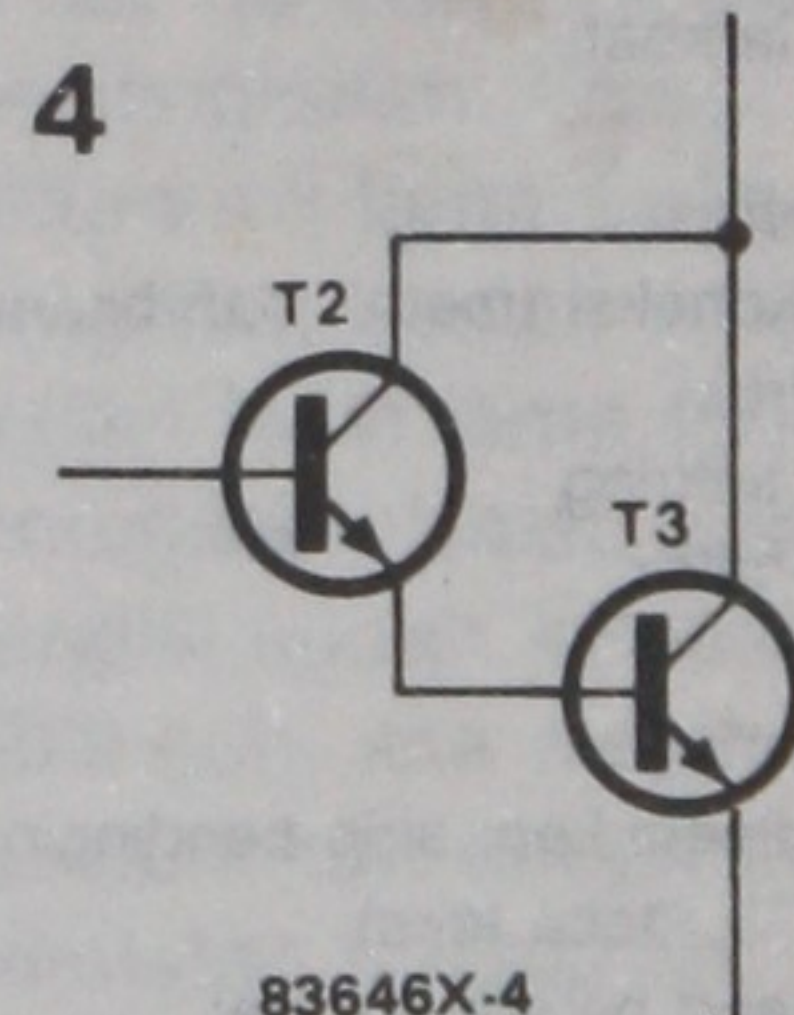
Dalam skema Gb. 2, di bagian kiri kita lihat bentuk klasik rangkaian pencatu dari jaringan listrik umum. Tentang fungsinya akan kita bicarakan nanti di akhir artikel. Tergantung pada kedudukan S2, maka pencatu ini dapat menghasilkan tegangan 17 V atau 34 V; tegangan ini guna memberi umpan kepada bagian di kanan. Bagian kanan ini adalah suatu sumber arus konstan. Ini adalah suatu versi yang sudah diperbaiki dari jenis sumber arus yang sudah pernah kita bicarakan. Kalau rangkaian dasar (Gb. 3) kita tandingkan dengan skema, terdapatlah dua perbedaan yang menyolok. Pertama-tama transistor T ditukar dengan dua transistor T2 dan T3 apa yang disebut rangkaian darlington. T2 menguatkan arus basis, dan arus emitor T2 digunakan sebagai arus basis bagi T3, jadi dikuatkan sekali lagi. Rangkaian darlington semacam itu dapat dianggap sebagai satu transistor yang memiliki penguatan arus sangat besar. Ke dua: kita lihat dalam skema adanya transistor T1 sebagai pengganti kedua dioda di dalam rangkaian dasarnya. Dioda-dioda itu membikin

Gambar 1: Pengisi aki nicad sederhana saja layanannya. Kerjanya tidak bergantung pada banyaknya aki yang sedang diisi.

Gambar 2: Skemanya: kiri adalah pencatunya, dan kanan rangkaian sumber arus yang mengatur-atur kuat arus pengisian.

agar tegangan pada R_E ada kira-kira 0,6 V. Transistor T1 berfungsi demikian juga, sebab tegangan basis-emitornya yang 0,6 V terdapat pula pada salah satu resistor emitor R2 sd R5 dalam rangkaian darlington. Selanjutnya kita akan mengambil titik tolak dari gambar itu, yaitu di sini S3 menduduki posisi yang memilih R2 sebagai resistor emitor. Sebagian dari arus yang lewat R1 diluluskan oleh T1 ke terminal min penyearah (D1... D4); sisa arusnya mengalir lewat basis rangkaian darlington yang membikin T2 dan T3 menghantar. Kalau arus pada T1 naik, berarti arus pada T2 turun, dan sebaliknya. Arus pengisian mengalir lewat aki, T3 dan R2 ke terminal min penyearah. Kalau arus terlampau besar, misalnya sampai 20 mA sebagai gantinya 10 mA yang diinginkan, maka pada R2 terdapat tegangan yang lebih tinggi. Karenanya T2 bertambah besar hantarannya, dan berakibat berkurangnya arus yang ada pada T2 dan T3. Kalau arus pengisian terlampau kecil, maka terjadilah hal sebaliknya. Jadi terdapatlah pengaturan yang otomatik. Kalau kita berpindah ke resistor emitor yang lebih kecil dari R2, maka diperlukanlah arus lebih besar untuk membangkitkan tegangan 0,6 V yang diinginkan; jadi arus pengisian menjadi lebih besar). (Tepatnya: tegangan basis-emitor berada di antara 0,6 dan 0,7 volt, tergantung kepada arus basis dan arus emitor, dan juga kepada suhu transistor). Ke empat kuat arus yang dapat distel-stel, 10 mA, 50 mA, 180 mA dan 400 mA dimaksudkan untuk keperluan baterai 9V, aki *penlight, baby,* dan mono (lihat juga tabel 1). C2 mencegah rangkaian berosilasi. Utuk mencegah bahwa aki yang dipasang membuang arus, pada waktu aparat dimatikan, maka di jalankeluar o diberilah sebuah dioda (D6).

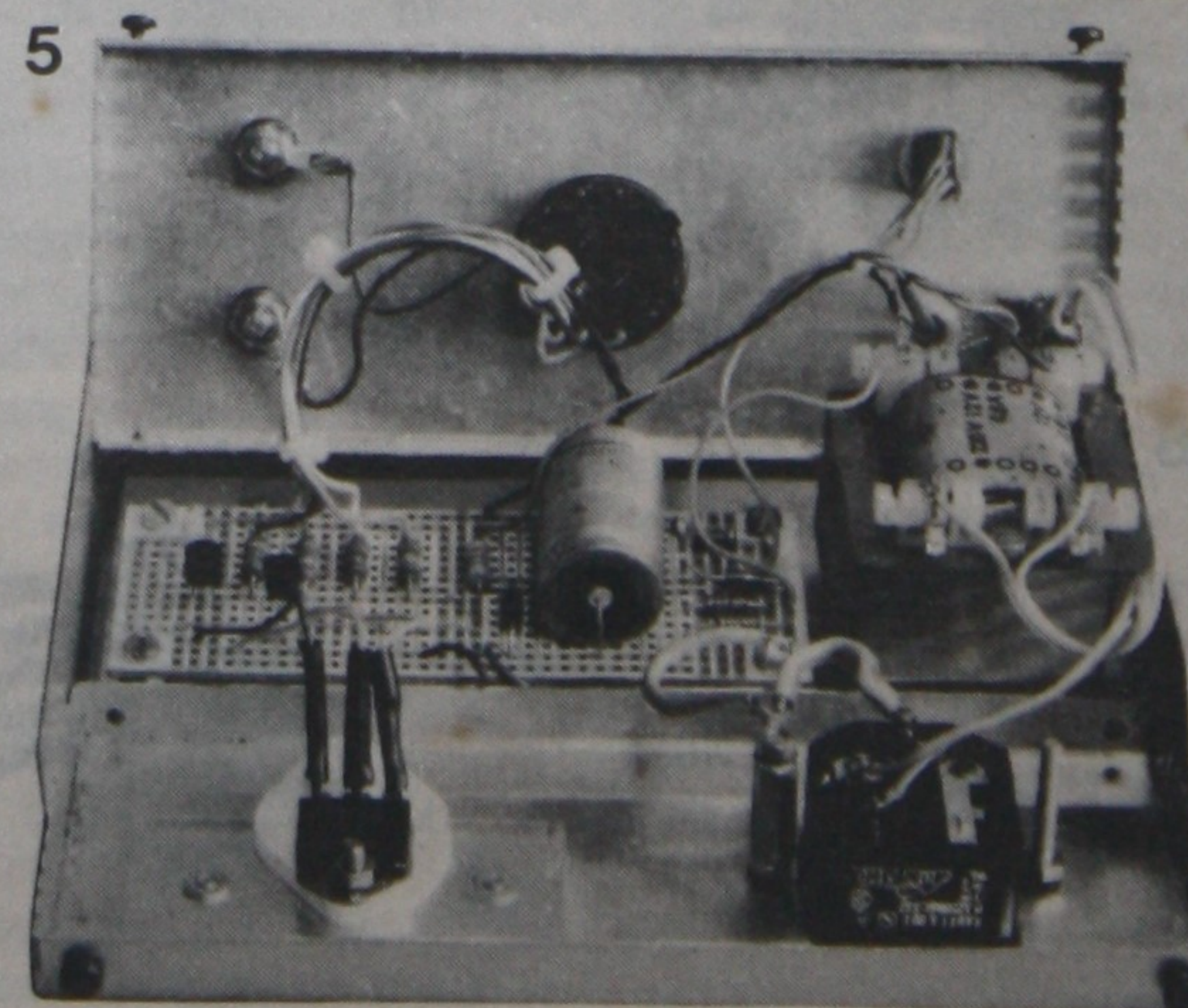
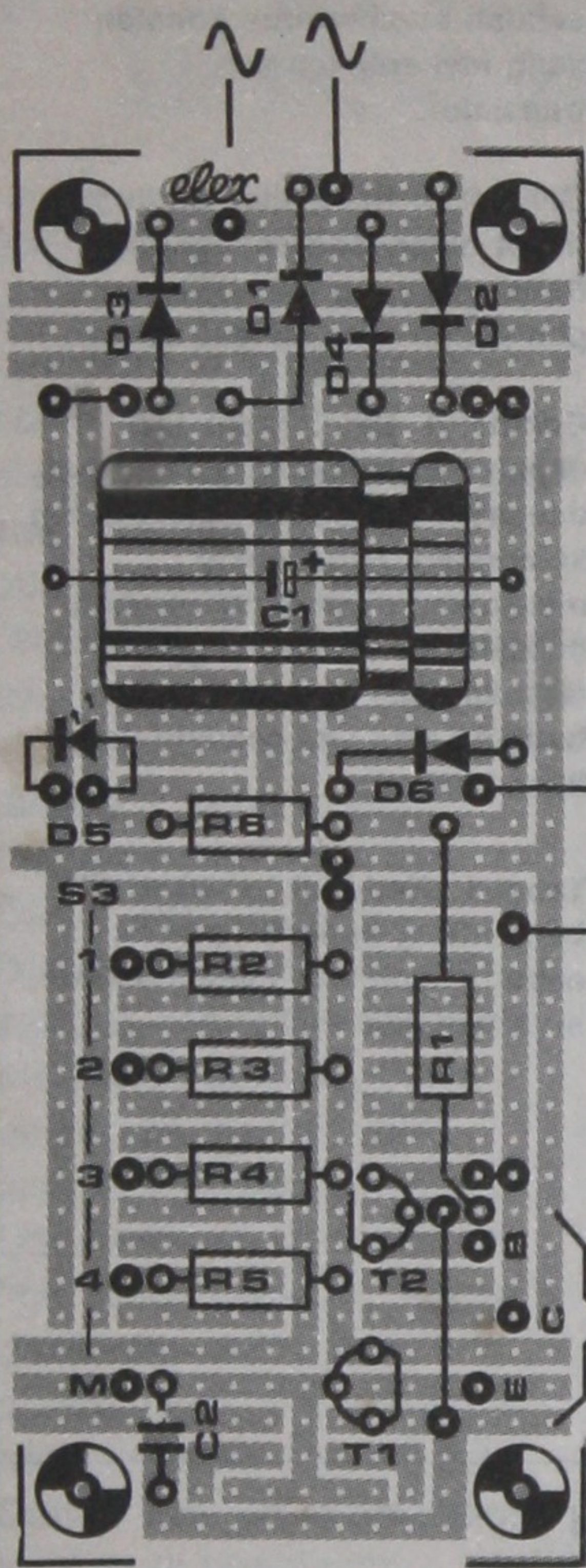
Cara merakit

Tidak diperlukan papan-cetak ukuran besar untuk keperluan pembangunan rangkaian. Gb. 6 memperlihatkan bagaimana cara membangunnya. Perhatikanlah polaritas pada waktu memasang dioda dan elko C1. Katoda dioda dinyatakan dengan cincin, di gambar skema katoda itu dinyatakan dengan garis. Terminal-terminal elko dinyatakan dengan + dan/atau −. Terminal min elko selalu terdapat pada rumah aluminiumnya. Sebelum papan-cetak dimasukkan ke dalam kotak, maka semua sambungan yang kelak akan keluar ke trafo, saklar, dlsb, terlebih dulu disolder pada papan-cetak. Jangan terlampau pendek memotong kawat-kawat itu, lebih baik sedikit lebih panjang. Karena masih ada beberapa komponen ekstern, papan-cetak kita masukkan kotak yang papan depan dan belakangnya dapat dilepas-lepas. Ini akan memudahkan kita dalam pekerjaan menghubung-hubungkan kawat. Trafo dan papan-cetak ditaruh di dasar kotak dengan menggunakan mur-mur jarak, Gb. 7. Bus-bus terminal, saklar S2 dan S3, saklar jaringan S1, dan LED tentu saja ditaruh di papan depan. S3 adalah sebuah saklar 1X4: satu kontak bergerak dengan 4

Gambar 3: Rangkaian dasar sebuah sumber-arus konstan yang menerapkan satu transistor.

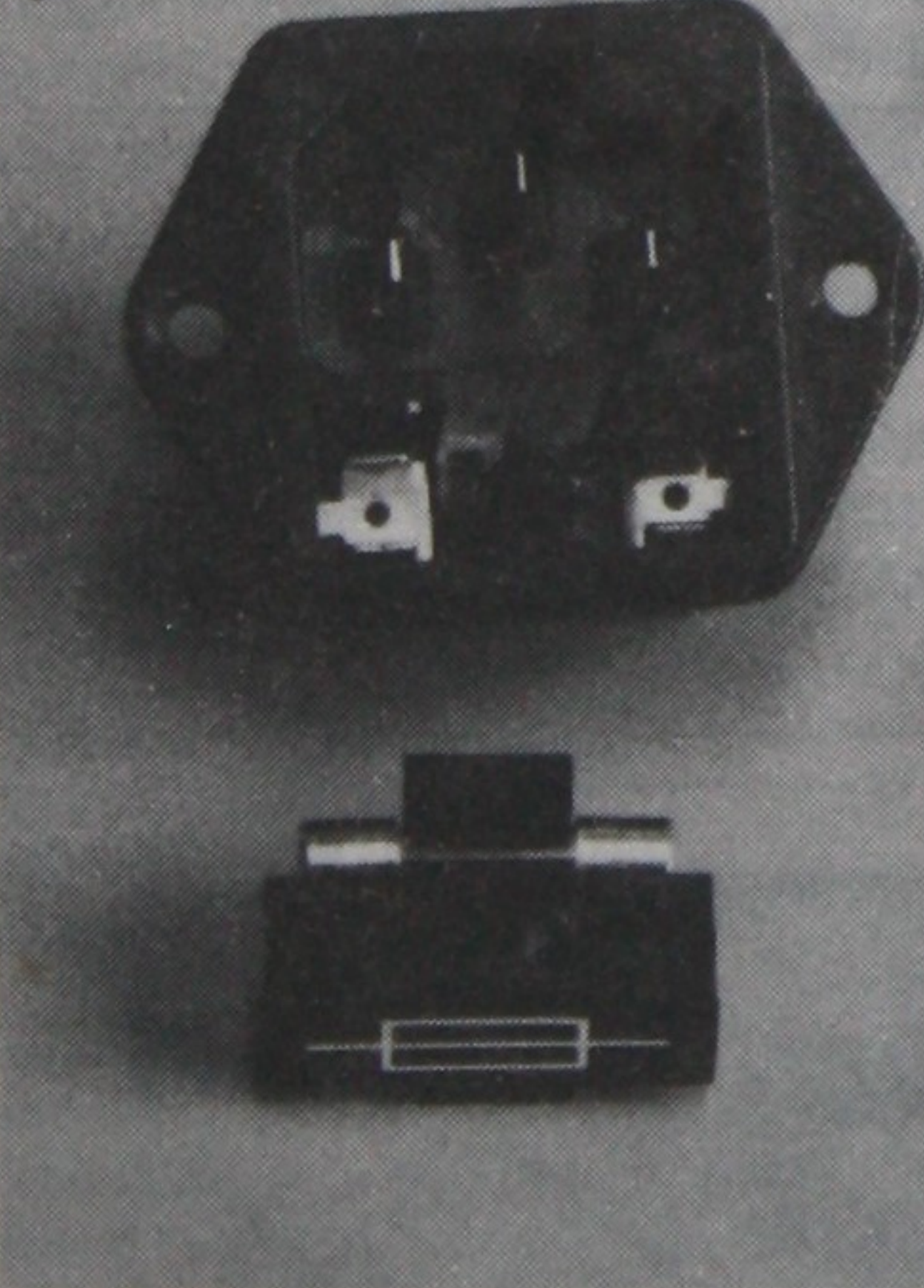
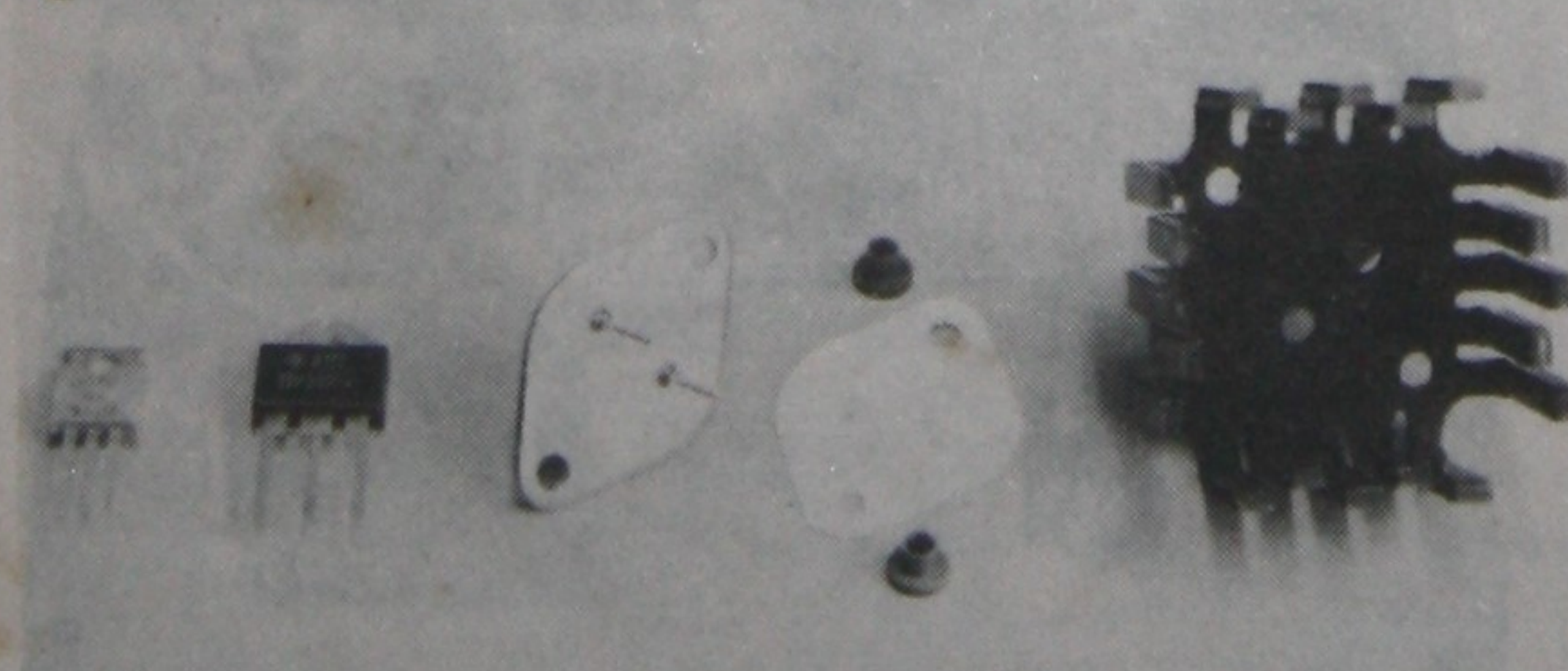
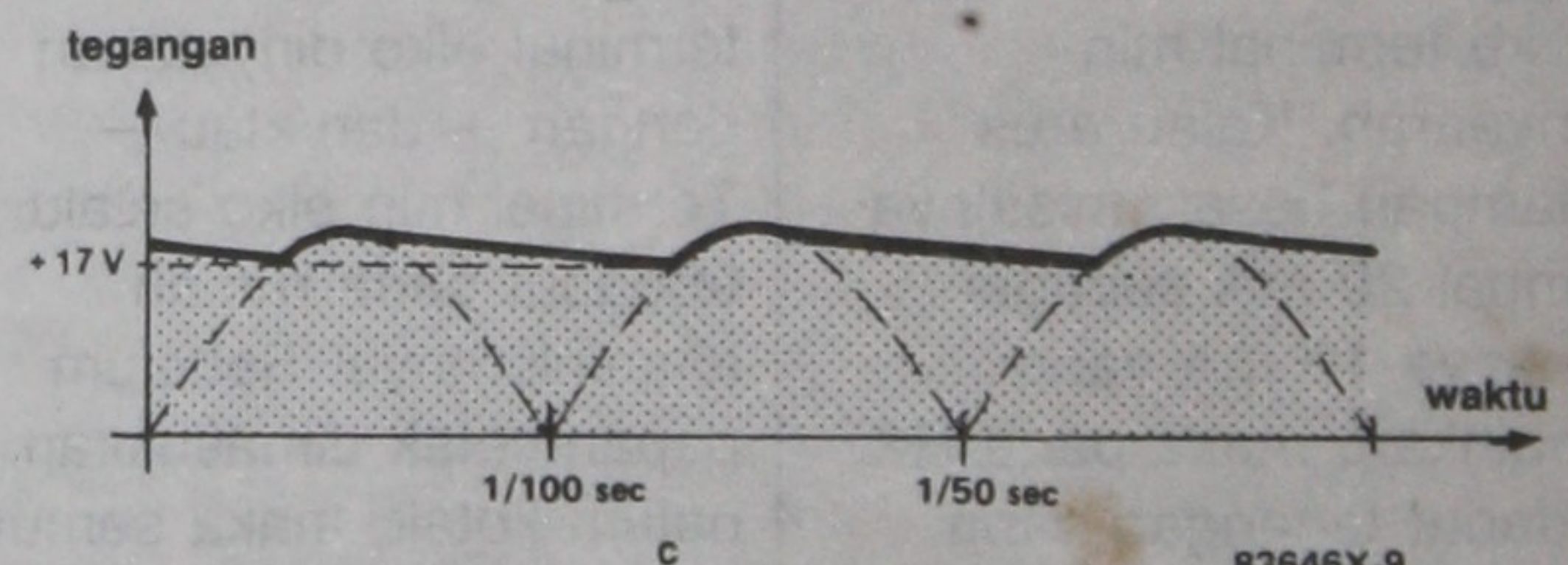
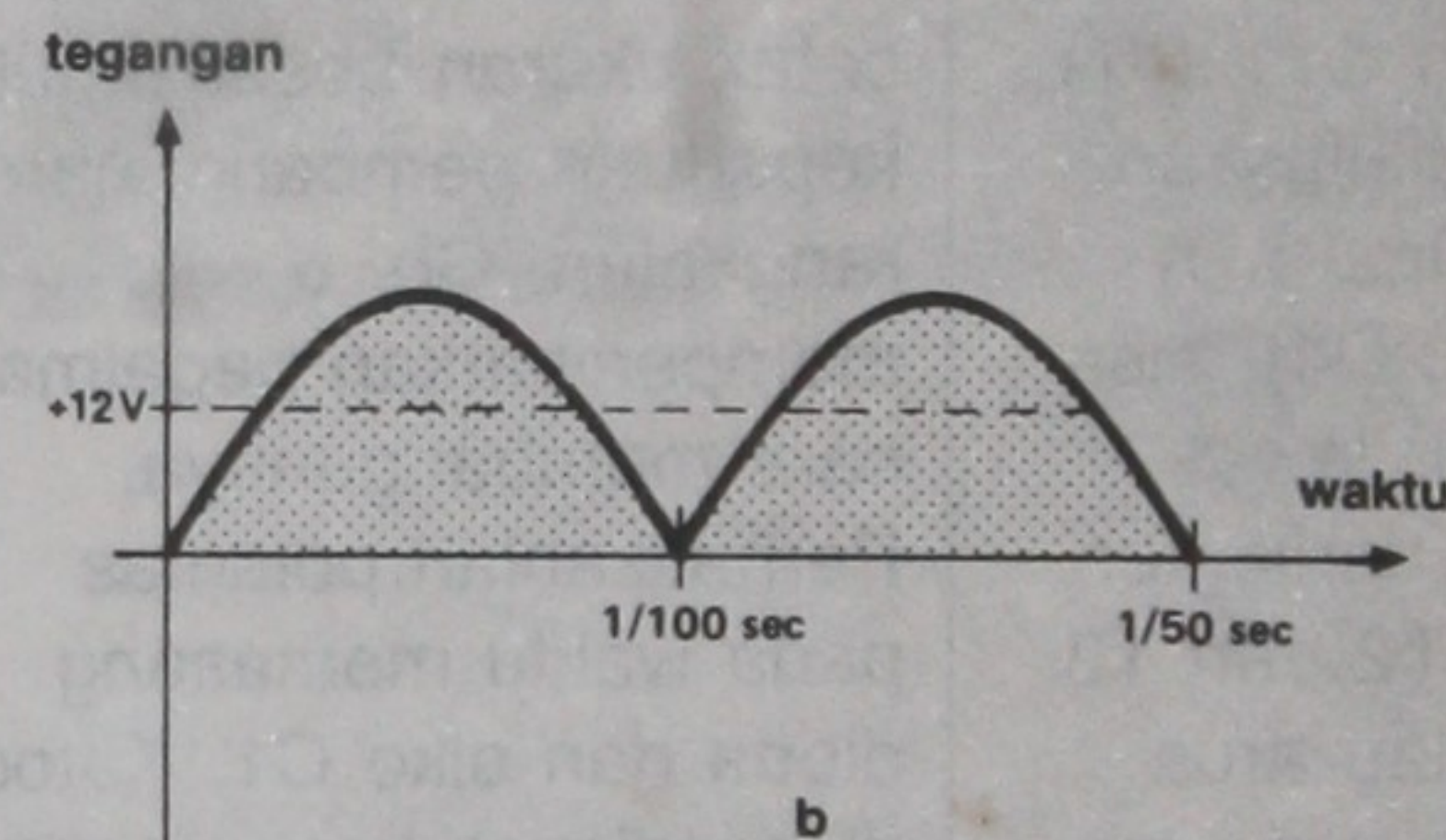
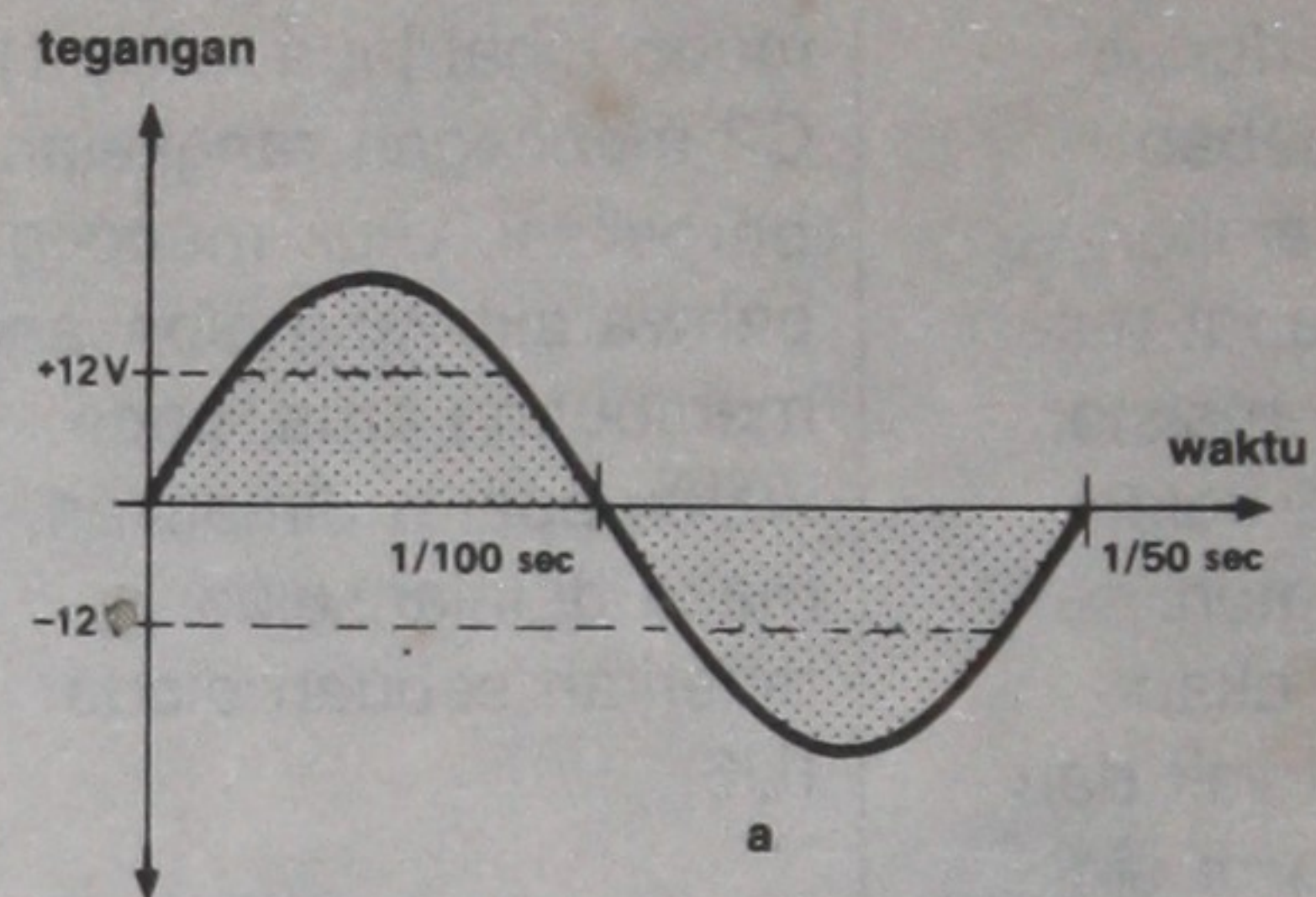
Gambar 4: Rangkaian darlington dapat dipandang sebagai satu transistor yang memiliki penguatan arus sangat besar.

Gambar 5: Dinding-dinding depan dan belakang yang dapat dilepas memudahkan pengaturan komponen. Pada waktu melakukan ujian yang pertama, baiklah kalau kotak tinggal terbuka, agar dapat mudah terlihat kalau ada sesuatu yang tidak benar.

Tabel 1: Kedudukan saklar S3 bergantung kepada tipe aki, sebab setiap tipe memerlukan arus pengisian lain.

Tabel 1

Nama	arus pengisian	kedudukan S3	Resistor
aki kecil 9 V	10 mA	1	R2 = 68 Ω
penlight AA	50 mA	2	R3 = 15 Ω
baby C	180 mA	3	R4 = 3,9 Ω
mono D	400 mA	4	R5 = 1,8 Ω

Daftar komponen:
R1 = 4,7 k Ω
R2 = 68 Ω
R3 = 15 Ω
R4 = 3,9 Ω
R5 = 1,8 Ω, 0,5 W
R6 = 2,2 k Ω
C1 = 1000 uF, 40 V (elko)
C2 = 4,7 nF
D1 sd D4, D6 = 1N4001
D5 = LED (sebarang warna)
T1, T2 = BC547
T3 = 2N3055 atau TIP3055 atau FT3055

S1 = saklar jaringan, duakutub, 220V
S2 = saklar 1X guling, 1A
Tr1 = trafo daya 220 V/ 2X 12 V, 0,5 A
F1 = sekring 200 mA, setengah lambat

Lain-lain:
2 bus koneksi (merah dan hitam atau biru)
rumah sekring
papan-cetak
kotak
kabel jaringan
kalau diperlukan: sirip pendingin untuk T3 (baca teks)
pemegang baterai-baterai
tusukan banana
1 kabel satukawat, merah dan hitam atau biru.

Gambar 6: Pengaturan letak komponen-komponen.

Gambar 7: Mur-mur jarak guna memasangkan papan-cetak, dan sebuah bus konektor untuk jaringan dengan sekring di dalamnya.

Gambar 8: Trafo daya T3 berada dalam tiga rumah yang berbeda. Kanan adalah rusuk pendingin bagi T3, yang diperlukan bila rangkaian ditaruh dalam kotak yang bukan-logam.

Gambar 9: a. Tegangan dari transformator bertukar-tukar polaritas sebanyak 100 kali dalam satu detik.
b. Tegangan searah yang masih "kasar", hasil jembatan penyearah.
c. Tegangan searah yang sudah disearahkan oleh elko C1.

kontak koneksi. Dalam Gb. 5 digunakan saklar 3 x 4, dengan demikian banyak terminal yang nganggur. S3 perlu dipilih yang akan dapat bertahan terhadap arus 400 mA; kebanyakan saklar tahan terhadap arus sekuat itu. T3 dipasang disamping bus terminal untuk jaringan listrik; transistor ini dapat menghantarkan panasnya ke kotak logam. Untuk T3 ini dapat dipakai berbagai tipe. Secara listrik, mereka adalah sama, hanya kemasannya yang berlainan. Pada semua tipe kolektornya berhubungan dengan rumah. Jadi mereka tidak boleh begitu saja ditempatkan pada kotak aluminium, melainkan untuk montasenya perlu

dipakai lembaran mika atau keramik dan juga bus-bus nilon untuk mengisolasi baut-bautnya. Bahan isolasi itu dapat diperoleh di pasaran. Setelah selesai dengan pekerjaan pemasangan, perlulah ditilik, kalau-kalau ada hubungan antara rumah transistor dan kotak. Untuk memasang rumah TOP-3 bagi TIP3055 dan TO-220 bagi FT3055, dapatlah dibuatkan lobang dulu pada papan belakang, dan kemudian transistor-transistor itu dimontasekan. 2N3055 lazimnya lebih murah, akan tetapi untuknya diperlukan lebih banyak pekerjaan. Transistor ini dipasang di sisi luar kotak dengan menggunakan dua baut, dan bagi koneksi-koneksi untuk basis dan emitornya dibuatkan lobang-lobang. Untuk rumah T03 bagi 2N3055 di pasaran atau tudung-tudung isolasi, namun ini tidak kita perlukan.
Kalau rangkaian kita taruh dalam kotak plastik, tentu saja dinding-dindingnya tidak dapat dipakai sebagai papan pendingin. Dalam hal ini di bagian luar kotak perlulah dipasangi papan pendingin atau rusuk pendingin dengan disipasi minimal 17 °C/W (paling kanan di Gb. 8). Pada pendingin itulah T3 disekrupkan. Setelah selesai dengan pekerjaan pengawatan, semua hubungan diperiksa sekali lagi dan dengan alatukur-ohm, ditilik kalau-kalau koneksi bumi kawat jaringan berkontak dengan rumah transistor, badan trafo, dan bagian dari S1, (kalau semuanya itu terbuat dari logam).

Pengujian

Setelah selesai melakukan penilikan-penilikan di atas, akan kita lakukan sekarang pengujian cara kerjanya. Aparat yang terbuka dihidupkan (tanpa aki) dan steker kita tusukkan pada stopkontak. Kalau tidak ada asap, barang terbakar, bau, bunyi gemertakan, ataupun ledakan, maka aparat sudah lulus ujian. Kalau di samping itu LED pun menyala (di bagian kiri di skema), maka kita pun tahu bahwa bagian pencatu juga dalam keadaan baik. Sekarang pada apitan-apitan jalankeluar kita pasang alatukur-ampere (ditaruh pada 1 A DC; perhatikan polaritasnya!). Alatukur ini harus menunjukkan harga arus sesuai yang berlaku, tergantung pada kedudukan S3. Kalau sudah cocok, pindahkanlah S2 dan ulangilah percobaannya. Kalau ada simpangan kecil-kecil (sampai 10%) dari harga-harga arus yang tercantum pada skema janganlah gusar. Ujian ini tidak boleh terlampau lama, sebab T3 akan dibebani terlampau besar.
Kalau aparat tidak bekerja, kita ukuri tegangan-tegangan, dicocokkan dengan harga-harga yang tercantum di skema dan dalam teks. Kalau tegangan trafo, dalam kedudukan S2 pada 24 V, ada nol volt, maka salah satu dari antara dua gulungan sekunder adalah terbaik sambungannya, hingga kedua gulungan itu saling menentang. Ketiga-tiga transistor dapat diuji dengan mengukur tegangan basis-emitor (0,6 V). Pada pengukuran ini, haruslah di apitan jalankeluar disambungkan aki atau resistor seharga beberapa puluh ohm. Kalau pengukuran dilakukan dengan cepat, apitan-apitan keluaran itu dapat sebentar dihubungsingkat.
Simpangan dalam harga tegangan yang menyolok berarti ada kesalahan; berdasarkan skema dan andaran tentang cara-cara kerjanya, kita dapat menganalisa di manakah letak kesalahan.

Pemakaian

Sudah dikemukakan dalam pendahuluan, bagaimanakah cara melayani aparat ini. Dalam tabel 1 terdapat posisi-posisi S3 dan tipe aki yang bersangkutan. Pada umumnya lama waktu pengisian adalah 14 jam; sedikit lebih lama tidak merugikan. Kalau aparat pengisi sudah selesai dibangun, kita masih memerlukan beberapa peralatan tambahan; pemegang baterai untuk setiap tipe, beserta dengan kawat-kawat dan steker runcing. Untuk mencegah terbaliknya hubungan aki, untuk sambungan plus dan steker kita pilihkan kawat merah, dan untuk sambungan min kita pilihkan kawat biru atau hitam.
Selama bekerja, dinding belakang yang digunakan untuk pendingin T3, menjadi suam. Hanya bila S2 berada dalam posisi 24 V dan ada hanya beberapa aki yang dihubungkan, suhu menjadi agak lebih tinggi lagi. Tidak merugikan sekali, namun sayang bahwa oleh T3 ada tenaga yang terbuang berupa panas.

Pencatu

Tegangan bolakbalik dari jaringan dimasukkan ke transformator lewat sekring F dan saklar duakutub. Trafo ini mengubah tegangan 220 V yang membahayakan menjadi tegangan 12 V yang aman. Karena ada dua gulungan sekunder, maka dapatlah mereka dideretkan untuk memperoleh 24 V. Hal ini dilakukan oleh S2. Dalam skema terdapat empat dioda. Mereka berada dalam rangkaian jembatan, dan mengubah tegangan bolakbalik yang berasal dari trafo ke dalam tegangan searah. Dioda akan menghantarkan arus apabila anodanya (yaitu segitiga di dalam gambar lambang), mendapat tegangan positif terhadap katoda. Tegangan di transformator yang ada di terminal atas dan bawah jembatan dioda, selalu bertukar-tukar polaritas. Kalau yang atas sedang plus dan bawah min. maka dioda-dioda D2 dan D3 menghantar, sehingga di belakang penyearah pun plus ada di atas dan min di bawah. Kalau polaritas bertukar, menghantarlah D1 dan D4, namun polaritas keluaran tidak berubah. Jadi kita mendapatkan tegangan searah. Dalam Gb. 9, dengan bantuan diagram waktu kita lihat apa yang terjadi. Gb. 9a mengemukakan tegangan bolakbalik; Gb. 9b adalah tegangan yang sudah disearahkan yang sama sekali belum konstan. C1 meratakan tegangan ini. Puncak-puncak tegangan ini mengisi muatan pada kondensator, dan selama ada "lembah-lembah" kondensator membuang tegangannya. Hasil terakhirnya adalah suatu tegangan searah setinggi kira-kira 17 atau 34 V, tergantung pada kedudukan S2. LED 5 berguna sebagai indikator hidup-mati *(on-off)*. ●

11. TEKNIK DIGIT BAGIAN KE-2:

a. TIDAK DAN dan TIDAK ATAU (NAND dan NOR)

Dalam bagian 1 telah dibicarakan tiga kombinasi logika elementer DAN, ATAU dan TIDAK (bahasa Inggris: AND, OR dan NOT). Kombinasi-kombinasi logika tersebut dapat direalisasikan dengan gerbang-gerbang. Untuk penyegaran, ketiga pintu beserta tabel benarannya dikemukakan dalam Gb. 1.

1

DAN (AND)

A, B → & → A·B

A	B	A·B
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

ATAU (OR)

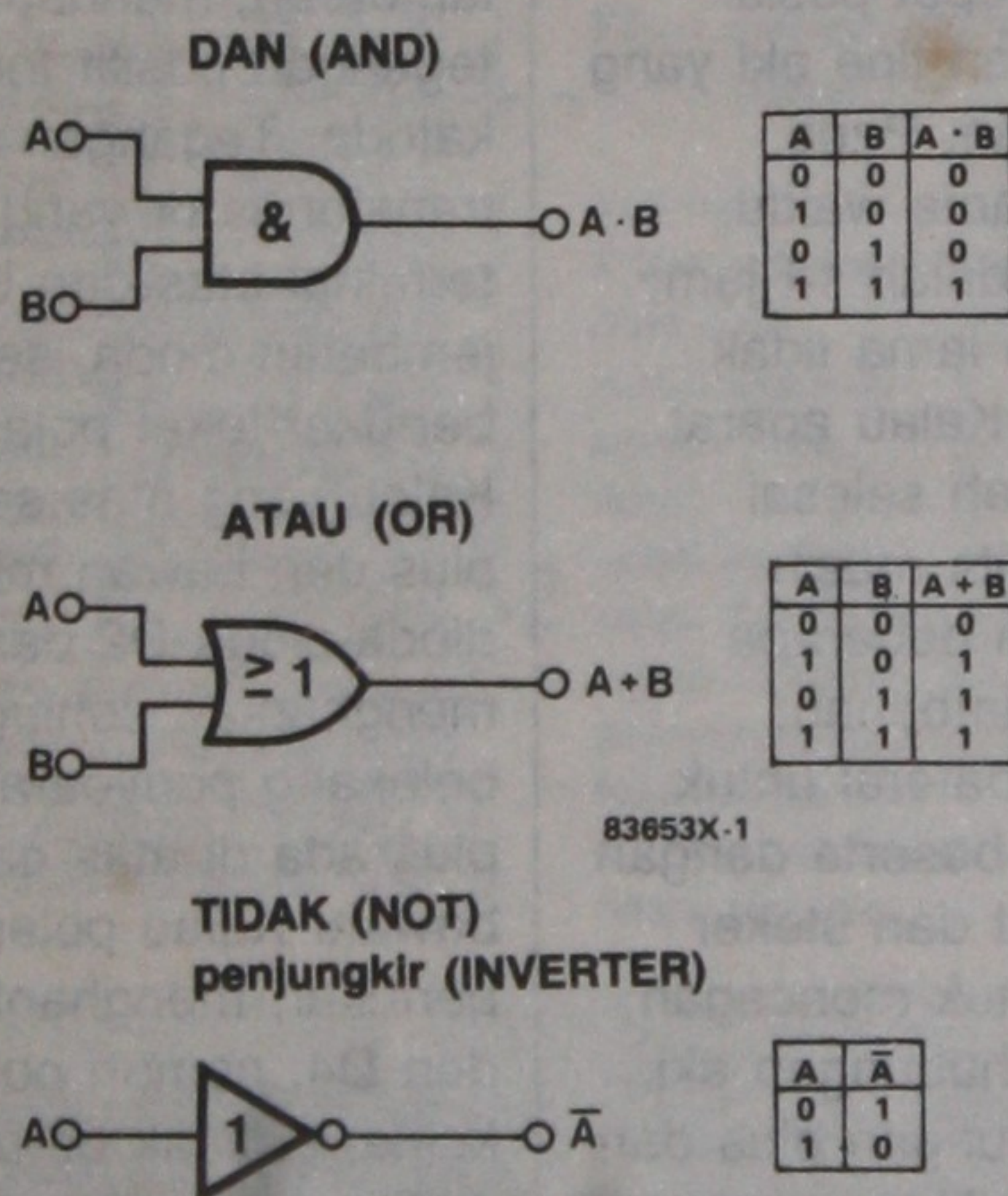
A, B → ≥1 → A+B

A	B	A+B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

83653X-1

TIDAK (NOT)
penjungkir (INVERTER)

A → 1 → $\overline{A}$

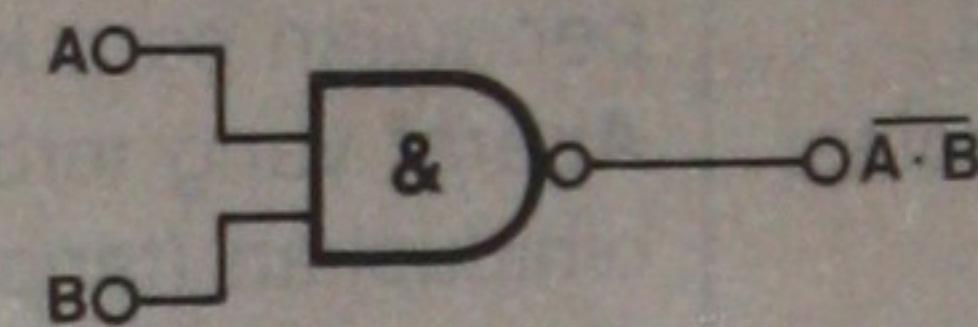
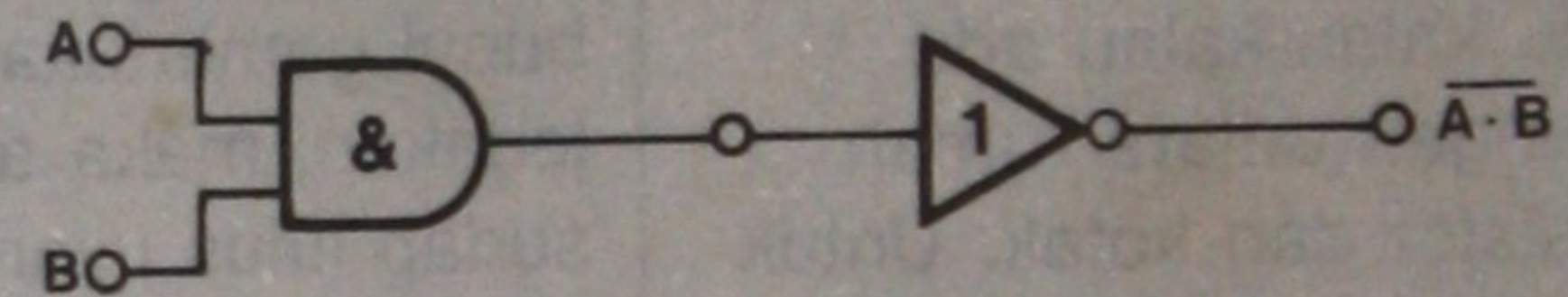
A	$\overline{A}$
0	1
1	0

Teks baru adalah "A.B" sebagai gantinya "A DAN B", dan "A+B" sebagai gantinya "A ATAU B". Tanda-tanda "." dan "+" tidak ada sangkut-pautnya dengan pengalian atau penjumlahan. Garis horisontal di atas satu atau lebih huruf menyatakan fungsi TIDAK. Bilangan-bilangan logika diolah oleh gerbang-gerbang TTL dalam bentuk tegangan-tegangan 0 dan 5 volt. Kalau setidak-tidaknya ada satu jalanmasuk sebuah gerbang ATAU diberi tegangan +5 volt, maka di jalankeluar gerbang itu terdapat +5 volt. Tabel kebenaran gerbang ATAU dapat kita tilik dengan pelatih-digit yang sudah pernah dibicarakan dalam buku 1. Namun tunggu dulu! Pada papan pelatih-digit tersebut (bangunan dasarnya) tidak ada gerbang DAN, ATAU atau TIDAK. Bagaimanakah akalnya?
Kemungkinan 1: belilah IC yang mengandung gerbang-gerbang kekurangan kita (lihat Gb. 9), kemudian taruhlah mereka di tempat-tempat yang seharusnya ada gerbang-gerbang TIDAK DAN (NAND).
Kemungkinan 2: Periksalah, kalau-kalau dapat juga dipakai gerbang NAND.
Apakah sesungguhnya gerbang NAND itu? NAND adalah kombinasi logika dari TIDAK dan DAN. Tabel kebenaran sebuah gerbang NAND dapat dengan mudah dijabarkan dari tabel kebenaran gerbang DAN:

2

TIDAK DAN (NAND)

A, B → & (NAND) → $\overline{A \cdot B}$

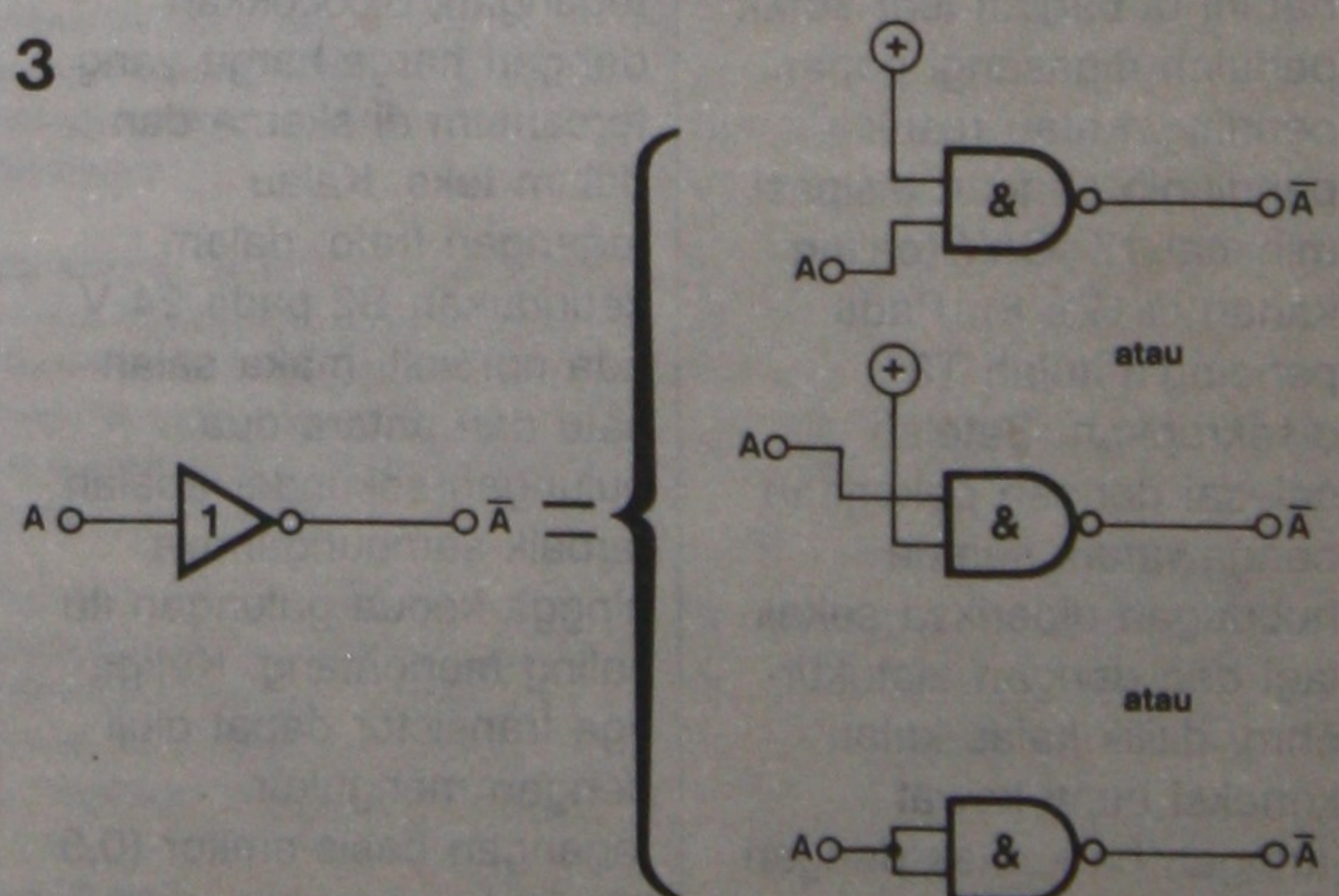
DAN (AND) ⇕ TIDAK (NOT)

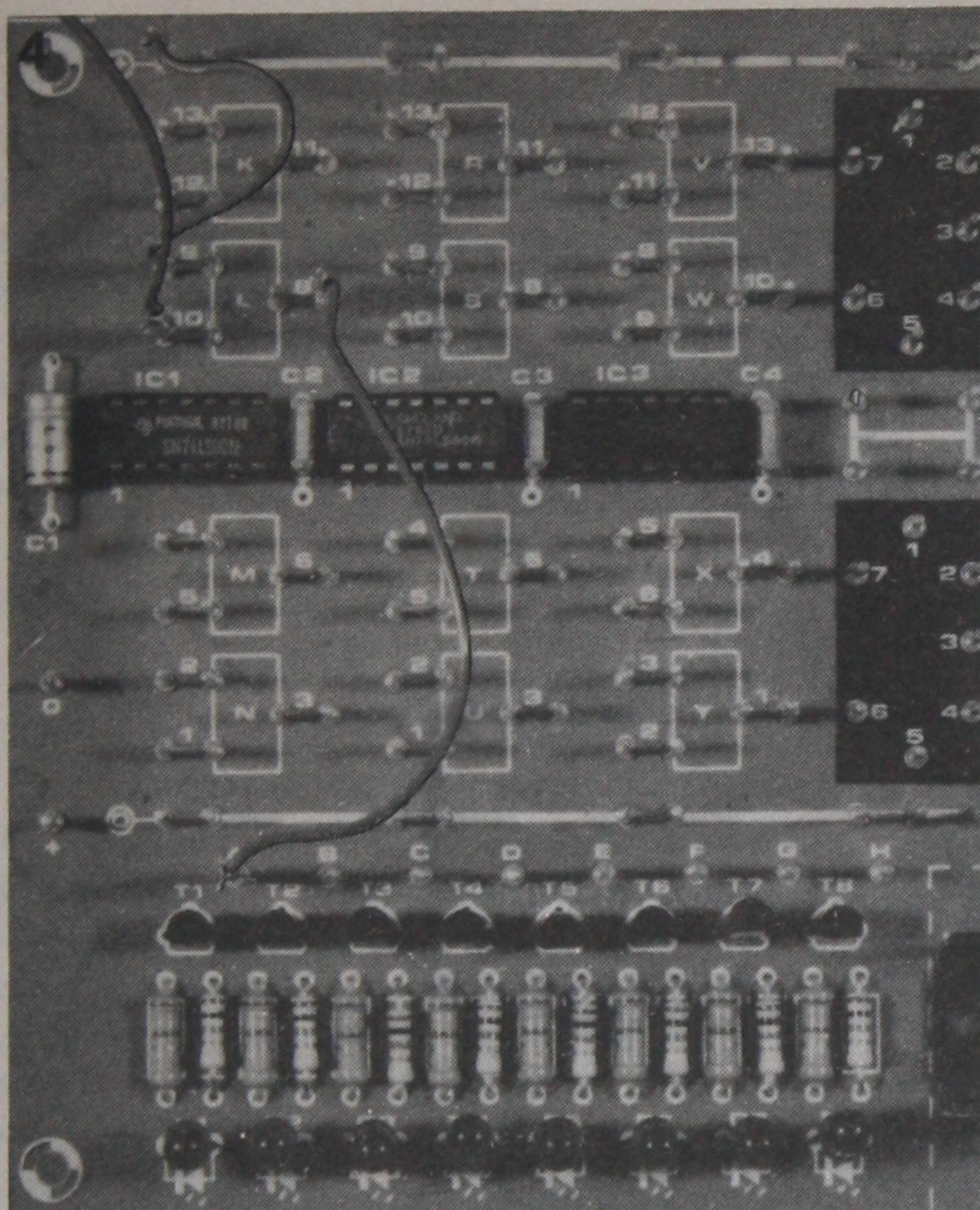
A, B → & → 1 → $\overline{A \cdot B}$

TABEL 1

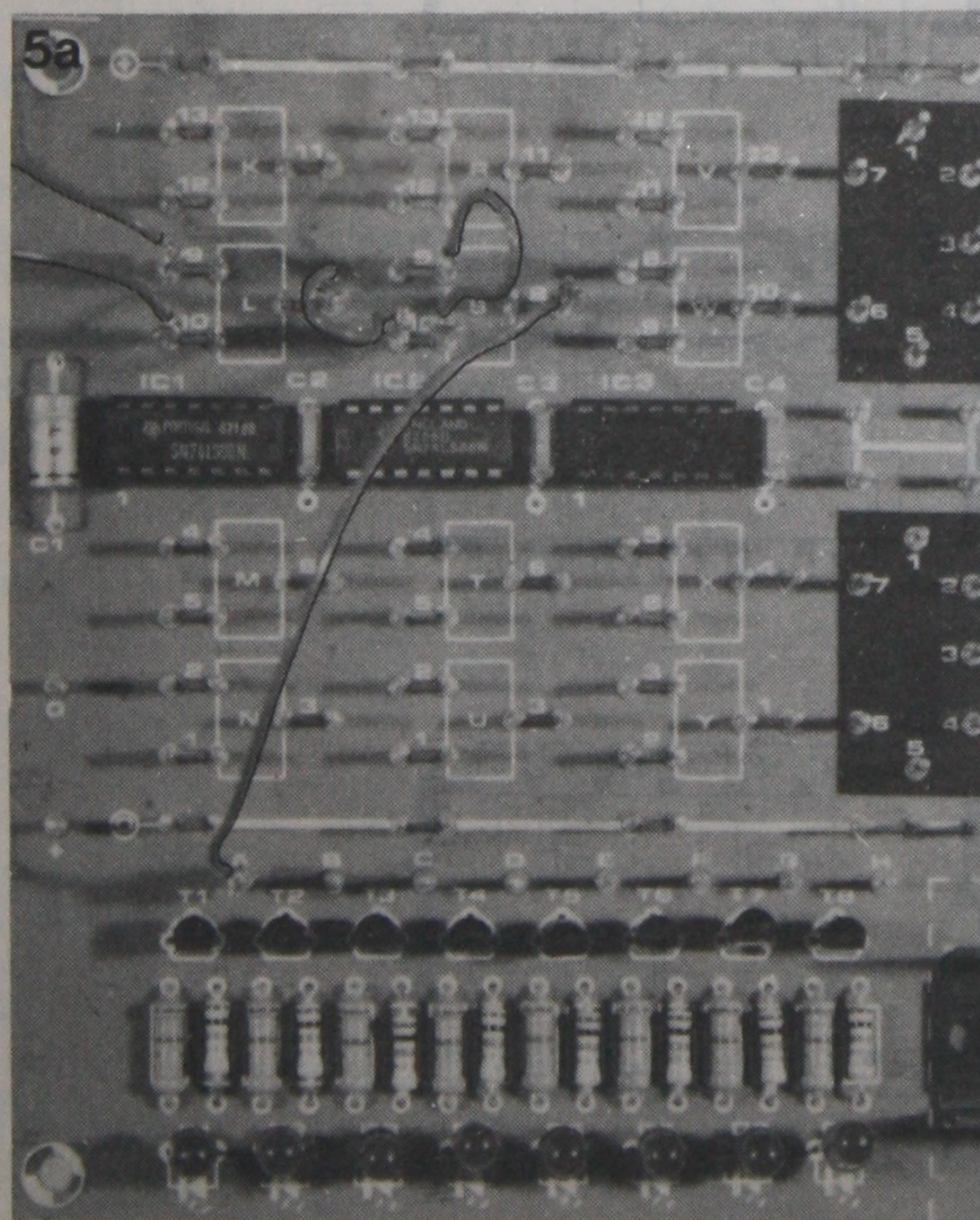
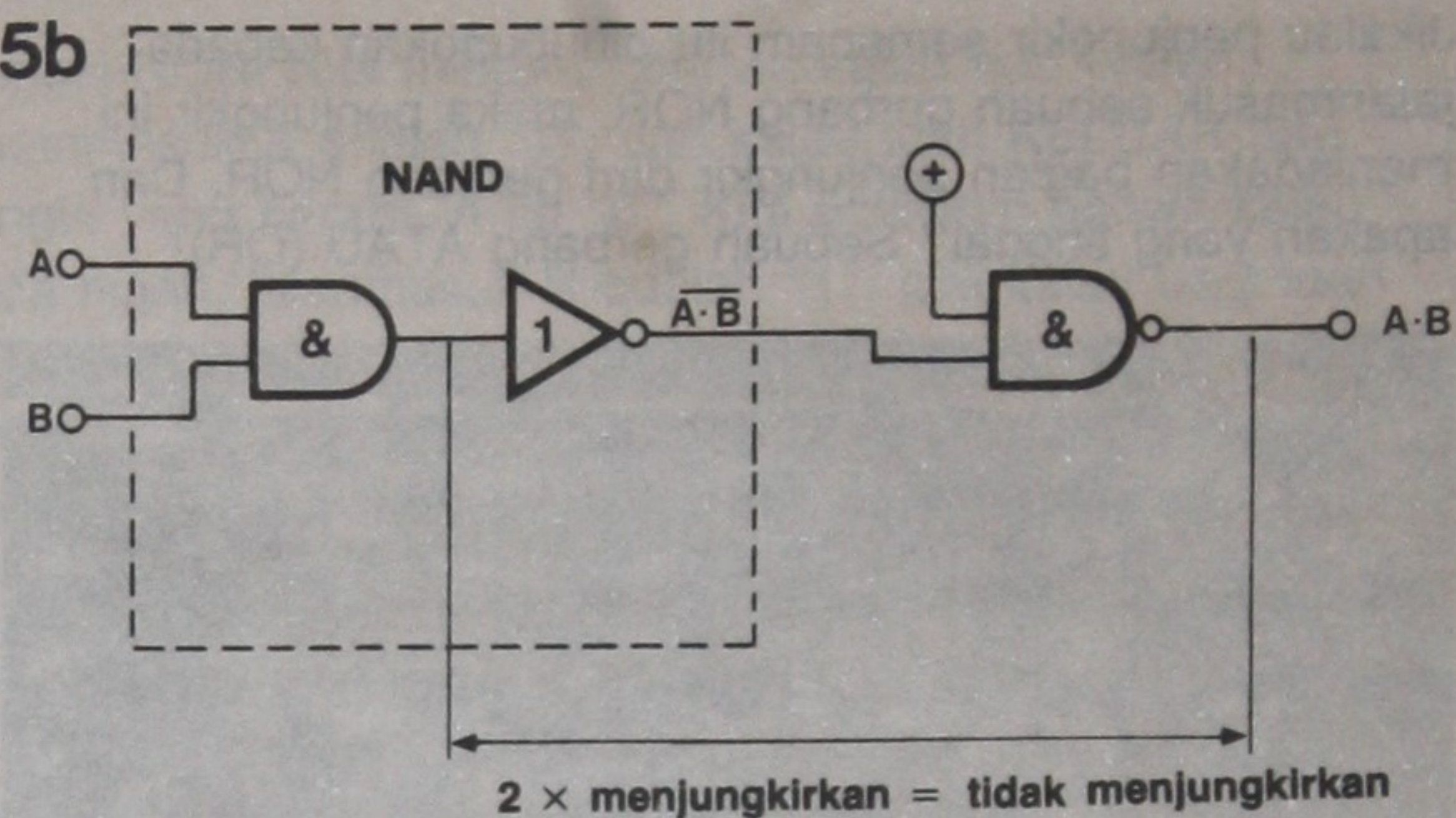
A	B	AND A.B	NAND $\overline{A.B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

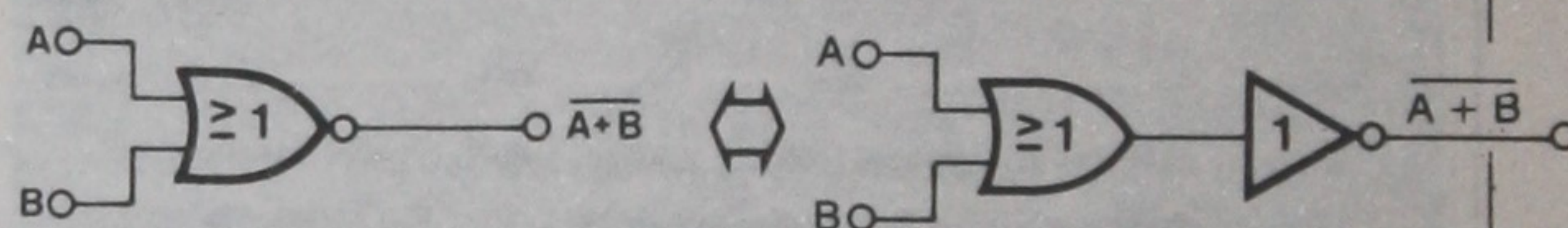
Lihatlah pada dua baris terakhir dalam TABEL 1. Dalam kedua hal berlaku A = "1" . B dan juga jalankeluar NAND $\overline{A.B}$ adalah saling berlawanan pada taraf logikanya. Dengan kata lain: kalau A dihubungkan kepada +5 volt, maka gerbang NAND berubah menjadi sebuah penjungkir, dengan B sebagai jalanmasuk. (Sebenarnya A tidak perlu dihubungkan kepada +5 volt; A itu boleh dibiarkan lepas bergantung saja. Ini disebabkan karena sebuah jalanmasuk terbuka, pada TTL, bertingkah sebagai jalanmasuk yang diberi "1". Namun cara bekerja seperti ini tidaklah lazim). Juga kalau B, sebagai gantinya A, dihubungkan kepada +5 volt, terjadilah sebuah penjungkir, tetapi sekarang A sebagai jalanmasuk (bukti: baris ke dua dan ke empat dalam TABEL 1).
Ada cara ke tiga untuk memperoleh sebuah penjungkir: saling hubungkanlah kedua jalanmassuk A dan B. (Jawab "mengapanya" diturunkan dari baris ke satu dan ke empat dalam TABEL 1).

3

A → 1 → $\overline{A}$ = { (+, A) → & → $\overline{A}$ atau (A, +) → & → $\overline{A}$ atau (A, A) → & → $\overline{A}$ }

Dalam waktu singkat akan dapat dicoba pada pelatih-digit tentang ketiga kemungkinan penjungkir NAND. Hubungkanlah salah satu dari kedua jalanmasuk dengan + dan yang lain, secara berganti-ganti, dengan + ("1") atau (.) ("0"). Hubungkan jalankeluar kepada rangkaian indikator. Kalau jalankeluar "1" maka LED menyala.

4

Penjungkir akan baik sekali kalau kita pakai untuk melakukan percobaan. Pasanglah dua penjungkir berurutan; kedua fungsi penjungkir akan saling meniadakan.

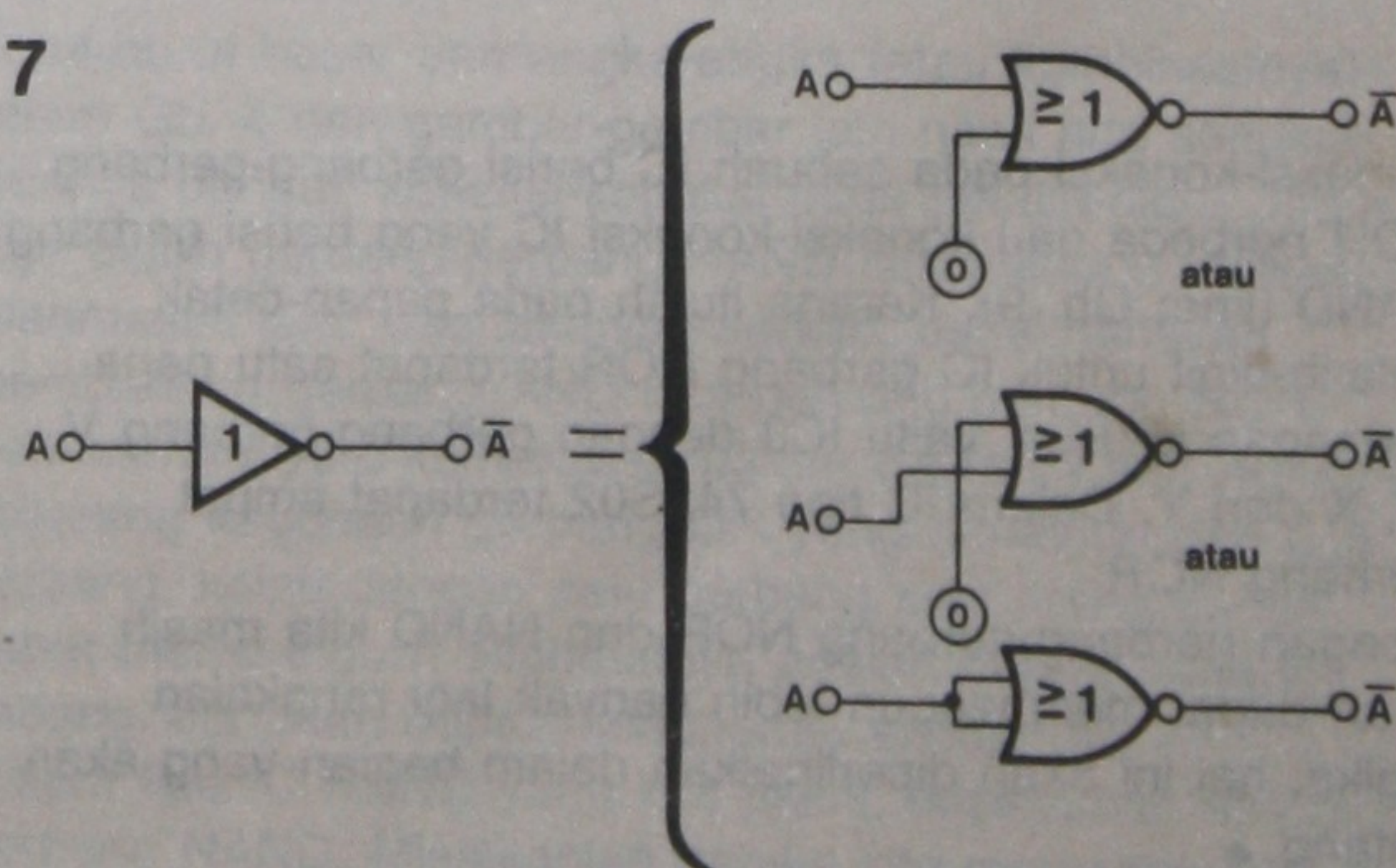
5a

5b

Apakah yang kita dapatkan? Gerbang DAN alternatif yang kita cari-cari di muka. Hal itu berlaku juga bagi gerbang TIDAK ATAU (NOR). Dari kombinasi TIDAK (NOT) dan ATAU (OR) terjadilah TIDAK-ATAU (NOR); atau NOT OR = NOR. Karena itu tidaklah mengherankan kalau gerbang NOR dapat dibangun dari gerbang OR dan sebuah penjungkir:

6

Juga tabel kebenaran gerbang NOR dijabarkan dari tabel kebenaran gerbang OR:

TABEL 2

A	B	OR A+B	NOR $\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Sekilas pandangan kepada tabel kebenaran di atas meneguhkan pendapat kita bahwa gerbang NOR, sebagai juga halnya gerbang NAND, dapat dipakai sebagai penjungkir. Hal itu dapat dicapai dengan jalan saling menghubungkan kedua jalanmasuk (lihat baris ke satu dan ke empat dalam TABEL 2), ataupun dengan menghubungkan salah satu dari kedua jalanmasuknya dengan 0 volt ("0"). (Kalau A merupakan jalanmasuk, lihatlah baris ke satu dan ke tiga dalam TABEL 2. Kalau B jalanmasuknya, lihat baris ke satu dan ke dua dalam TABEL 2).

7

Jikalau penjungkir semacam itu dihubungkan kepada jalanmasuk sebuah gerbang NOR, maka penjungkir ini meniadakan bagian penjungkir dari gerbang NOR. Dan apakah yang tinggal? Sebuah gerbang ATAU (OR)!

8a

8b

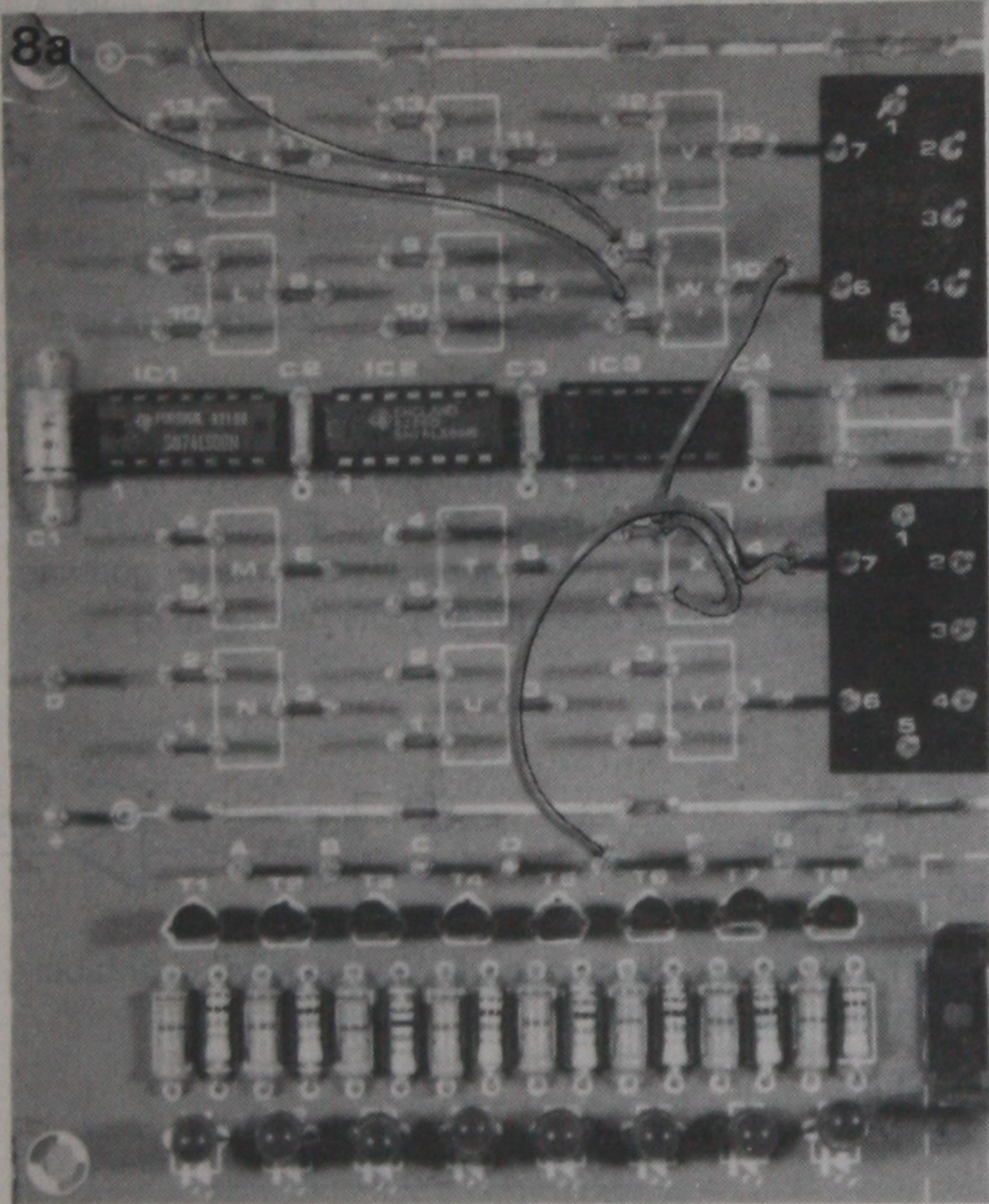
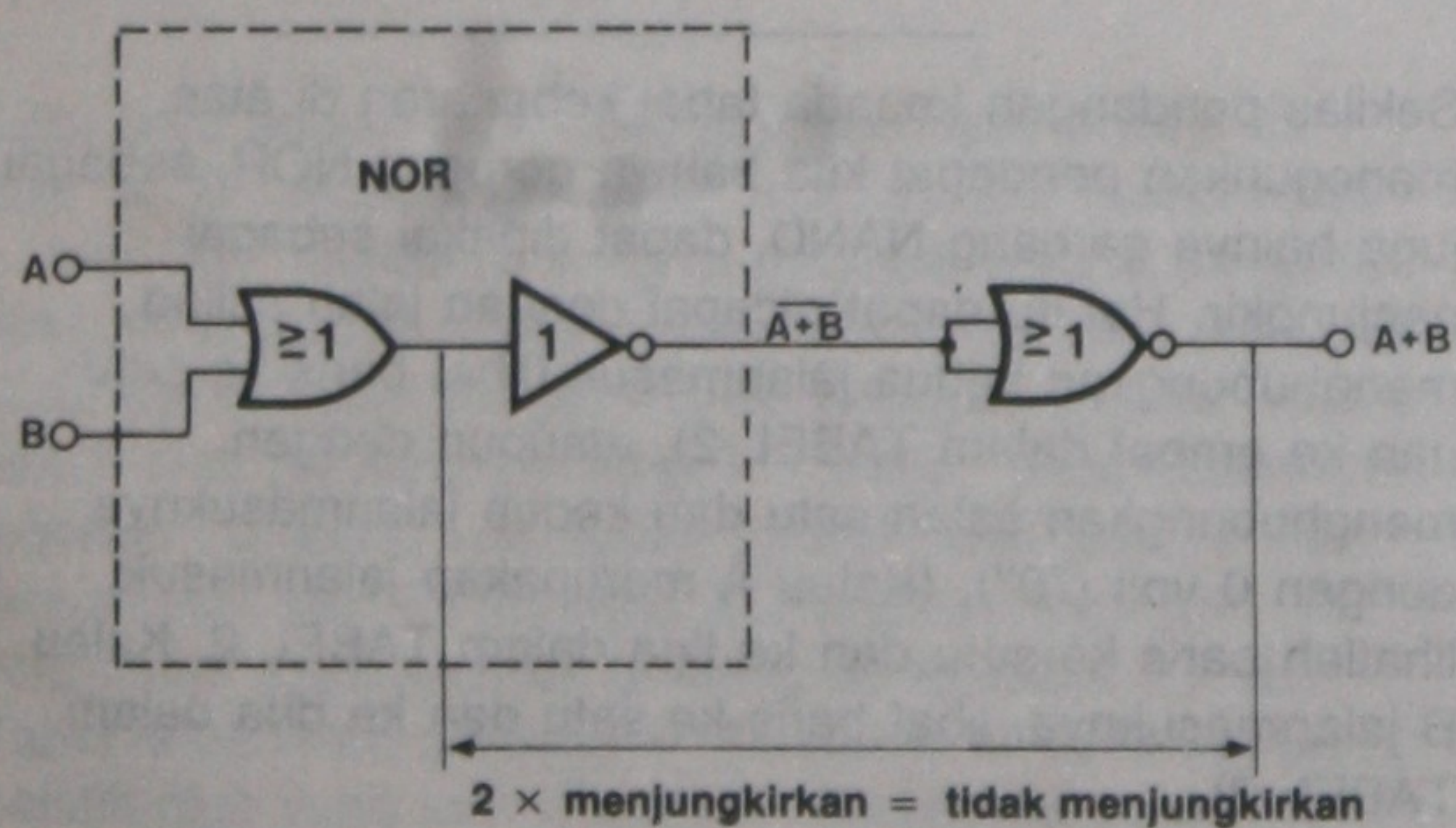
NOR

A

B

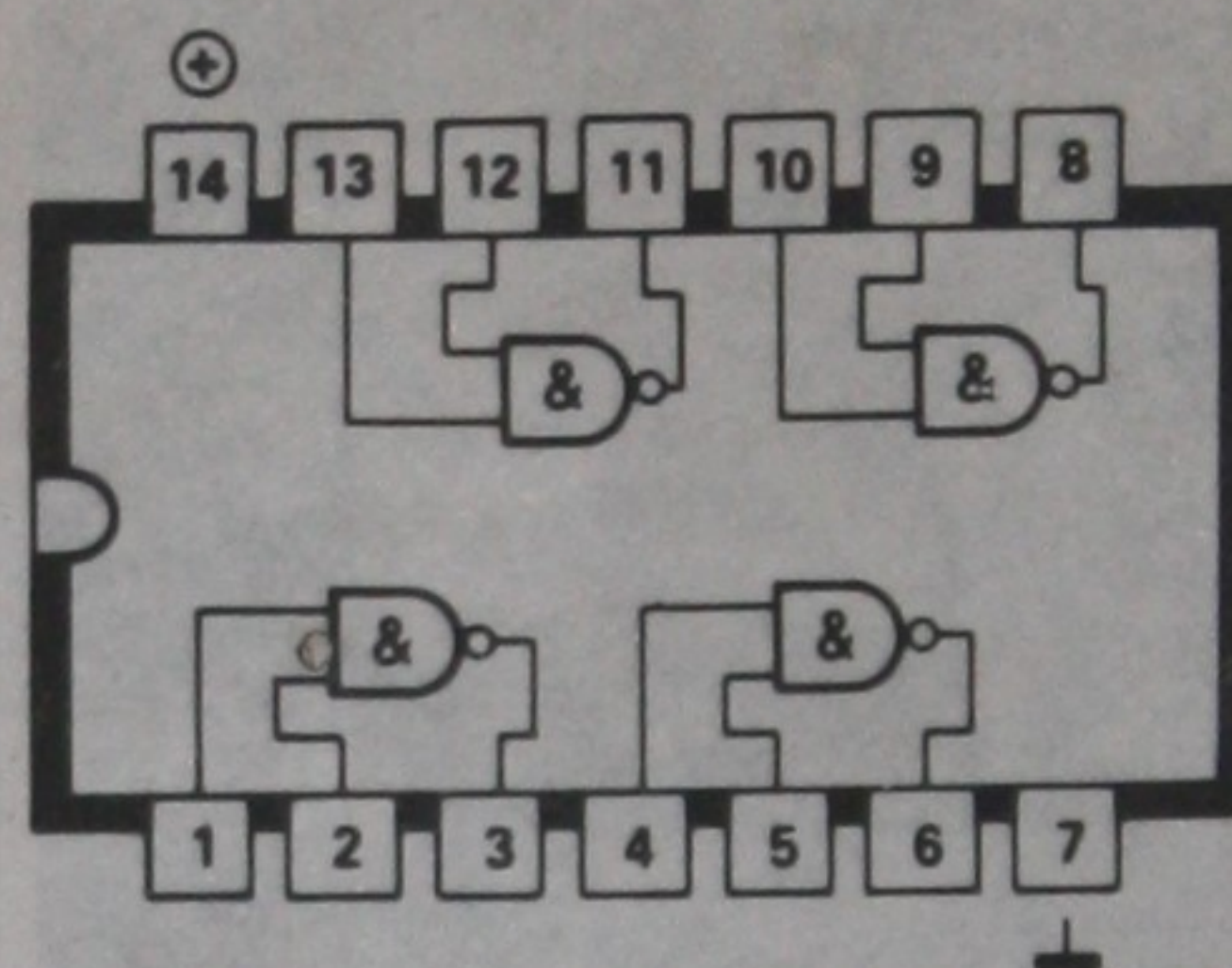
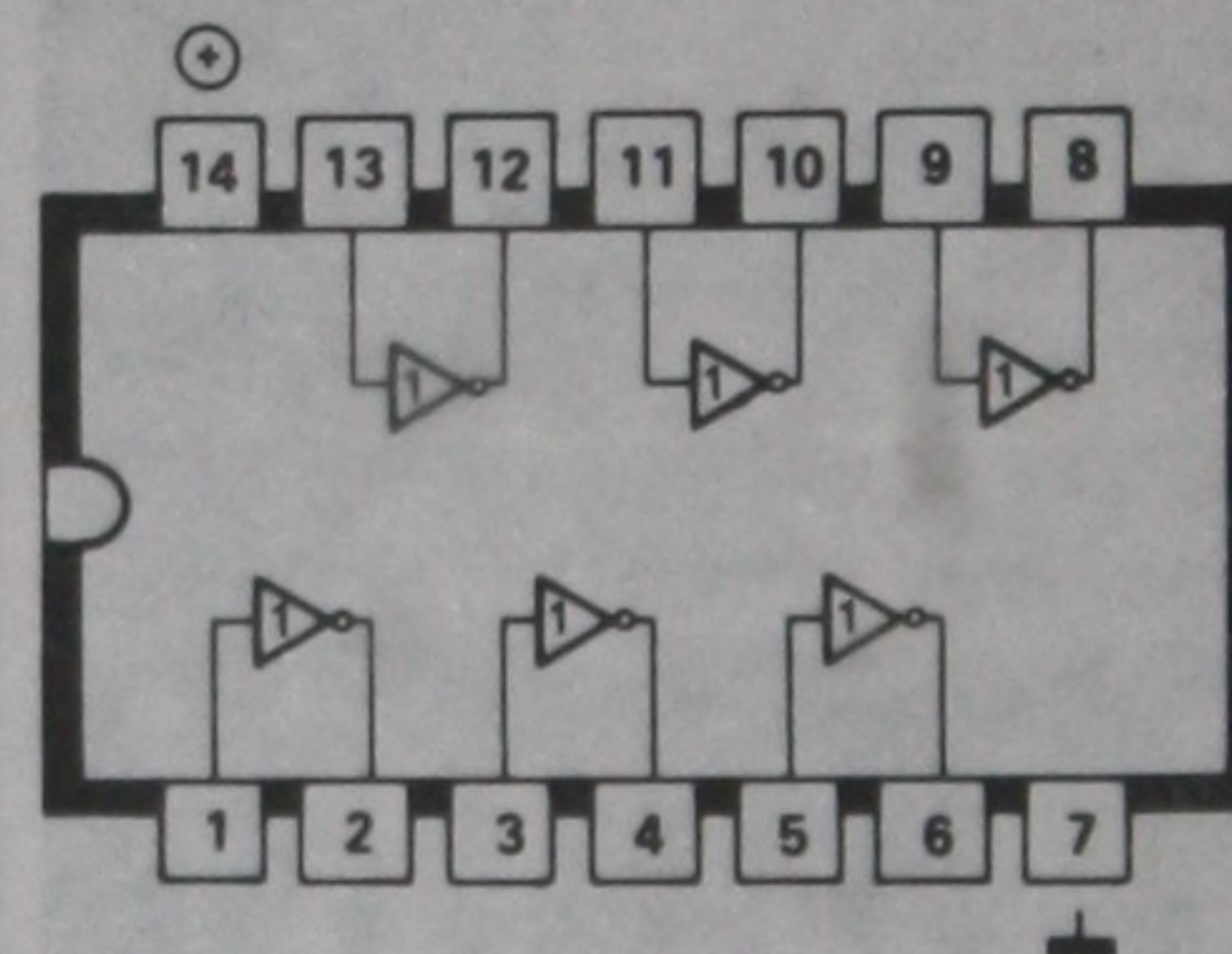
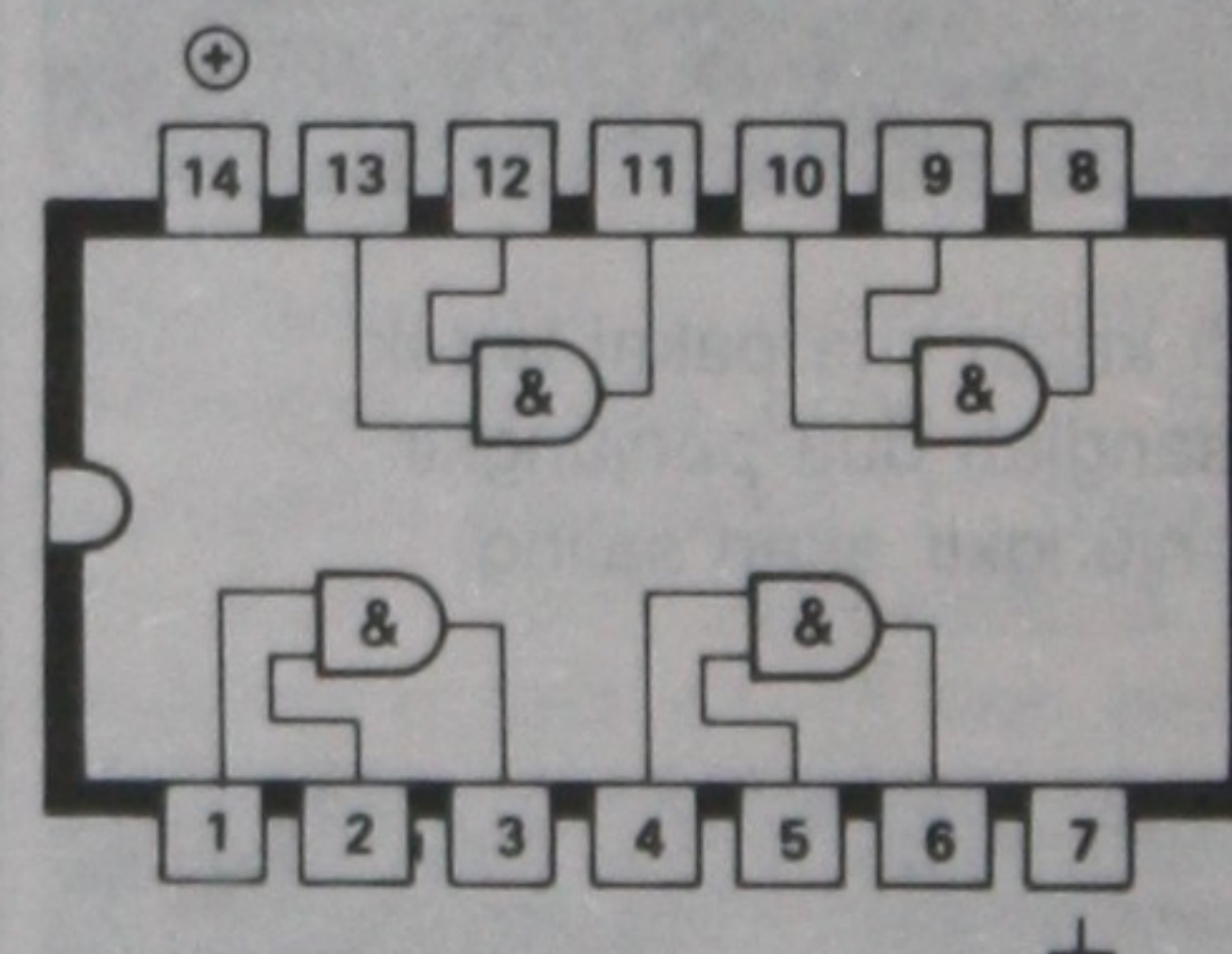
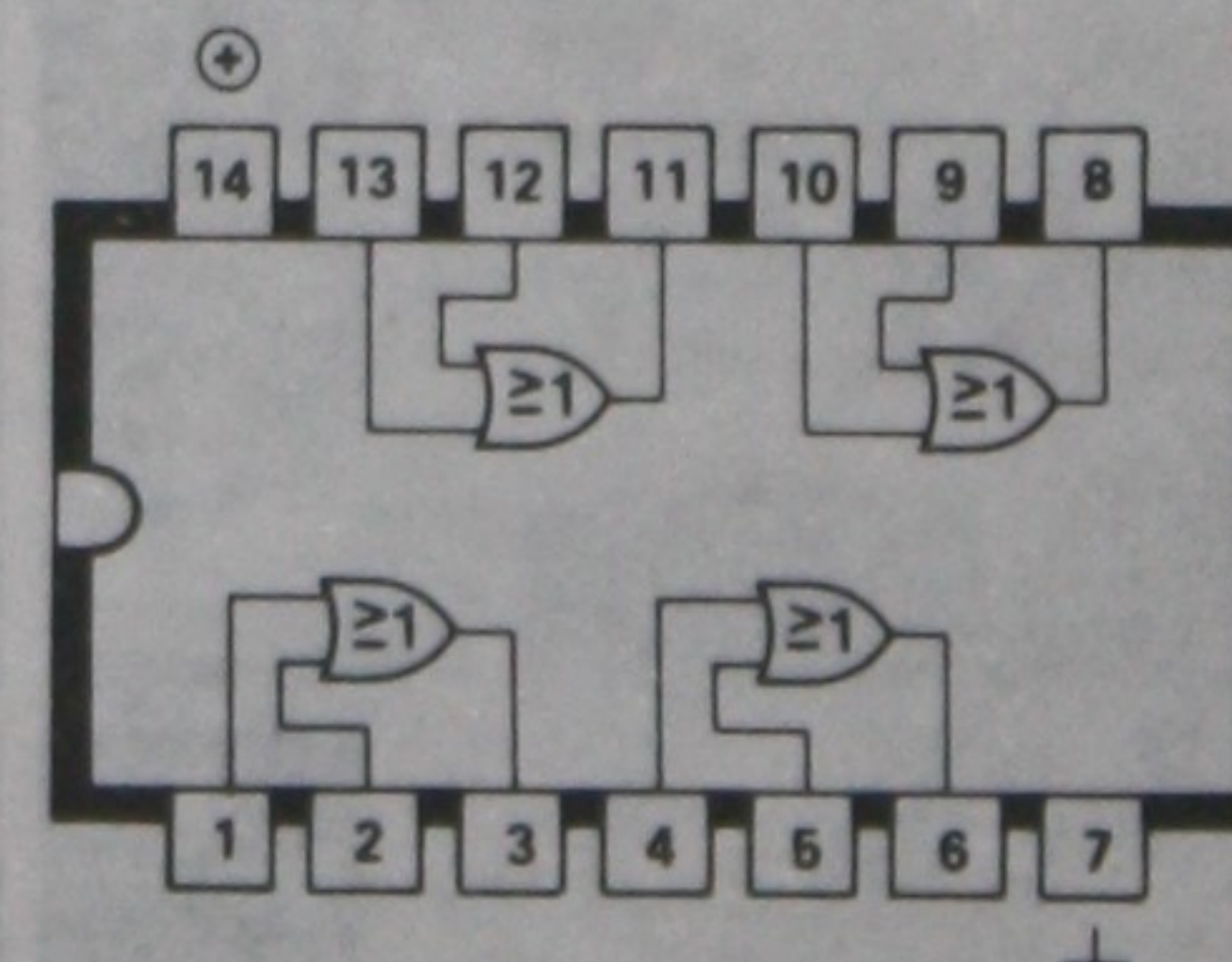
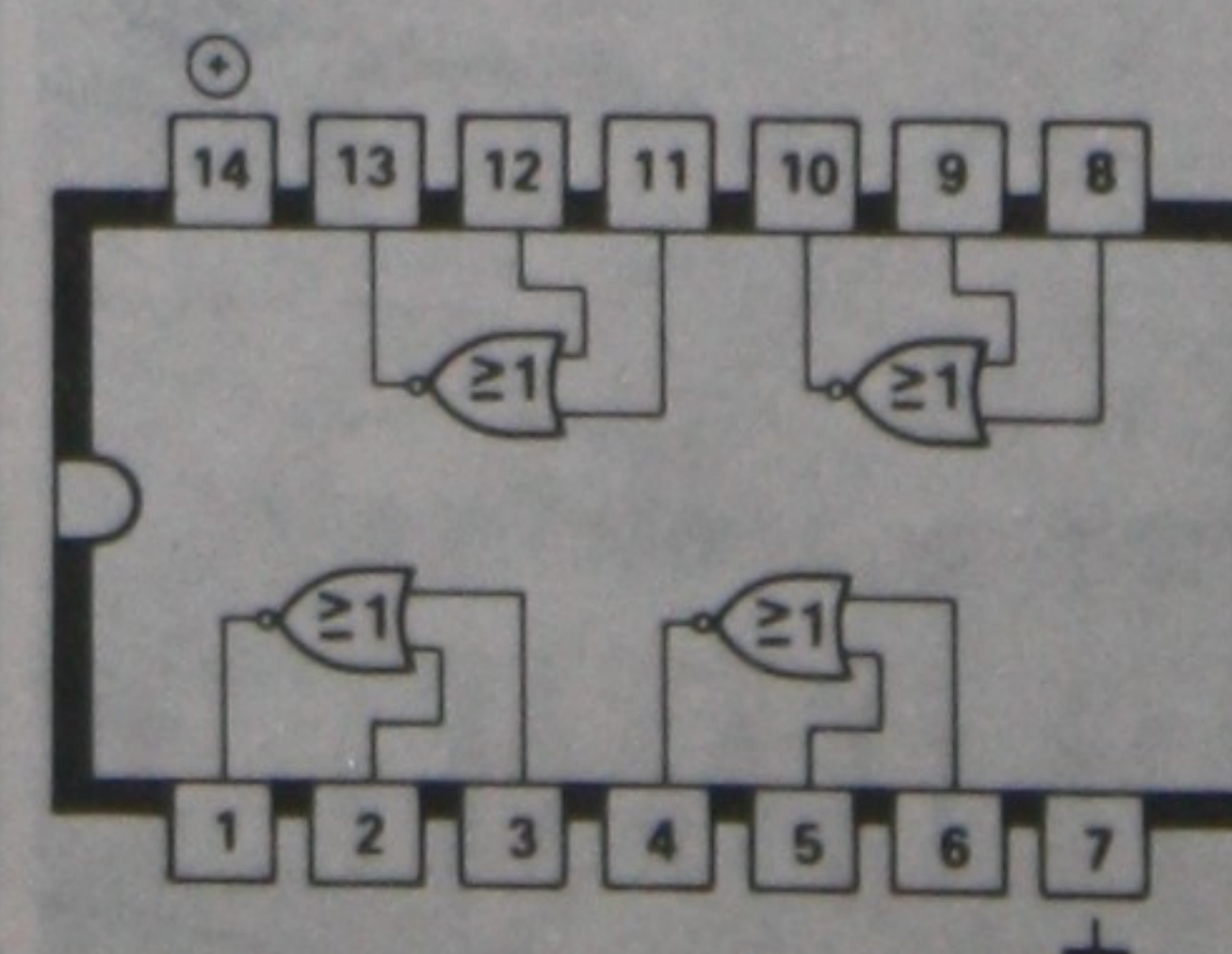
$\overline{A+B}$

A+B

2 × menjungkirkan = tidak menjungkirkan

Koneksi-koneksi pada sebuah IC berisi gerbang-gerbang NOR berbeda dari koneksi-koneksi IC yang berisi gerbang NAND (lihat Gb. 9). Karena itulah pada papan-cetak pelatih-digit untuk IC gerbang NOR terdapat satu pena cadangan khusus, yaitu IC3 dengan gerbang-gerbang V, W, X dan Y. Dalam IC tipe 74LS02 terdapat empat gerbang NOR.

Dengan gerbang-gerbang NOR dan NAND kita masih akan dapat membangun lebih banyak lagi rangkaian logika; hal ini akan diperlihatkan dalam bagian yang akan datang. •

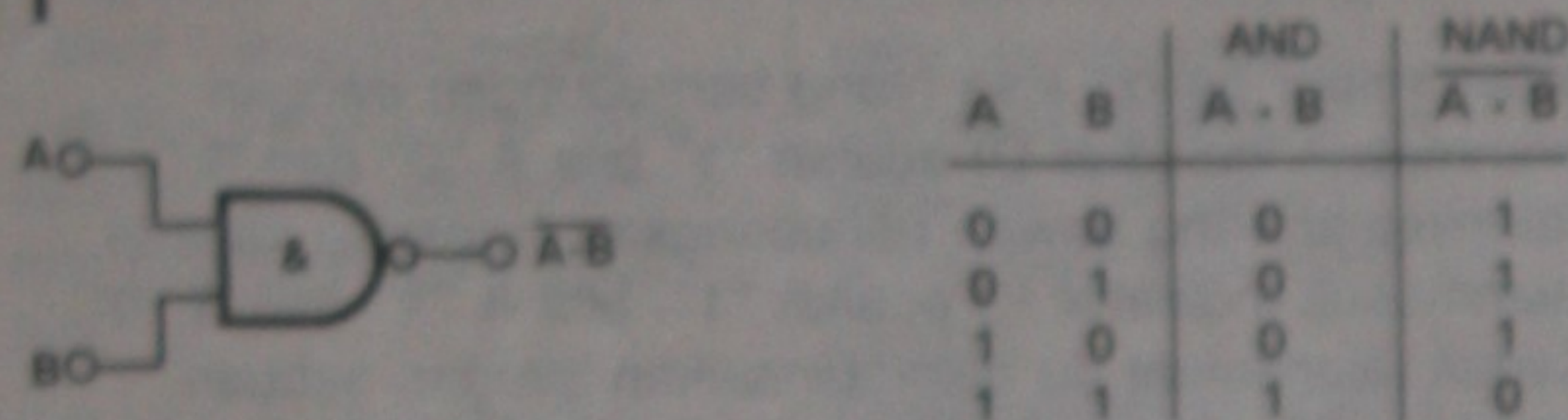
9

tampak atas IC

74LS00
4 gerbang NAND

74LS04
6 penjungkir

74LS08
4 gerbang AND

74LS32
4 gerbang OR

74LS02
4 gerbang NOR

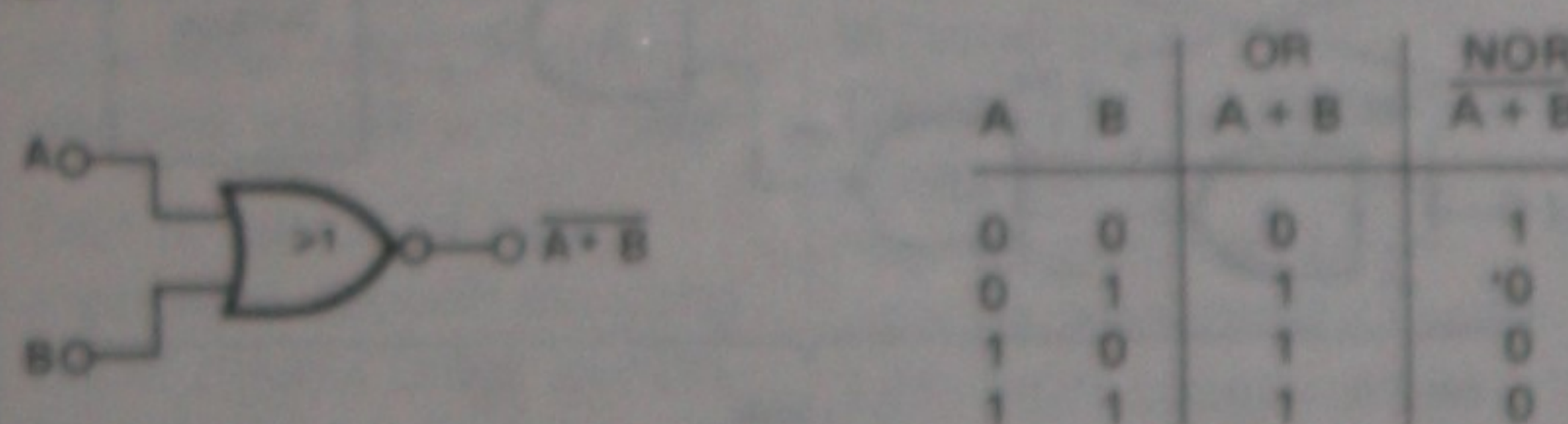
b. RANGKAIAN-RANGKAIAN LOGIKA

Dalam Bagian yang lalu kita telah berkenalan dengan gerbang NAND dan gerbang NOR. Gerbang-gerbang itu dapat dibangun dengan menaruh sebuah penjungkir di belakang gerbang AND, ataupun gerbang OR. NAND adalah penjungkiran (atau penyangkalan) AND; NOR adalah penjungkiran (atau penyangkalan) OR. Penyangkalan secara logika berarti menukar "O" dengan "1".

1

A	B	AND $A \cdot B$	NAND $\overline{A \cdot B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Gb. 1 mengemukakan gerbang NAND beserta tabel kebenarannya. "1" berarti tegangan +5 volt, "0" berarti tegangan 0 volt. Pada papan pelatih-digit, suatu koneksi kawat antara sebuah jalan-masuk dan saluran +5 volt (dengan 18 pena solderan) memberikan masukan "1".; dengan koneksi kepada saluran 0 volt (jugâ dengan 18 pena solderan) kita dapatkan masukan "0".
Dalam Gb. 2 ada gerbang NOR beserta tabel kebenarannya.

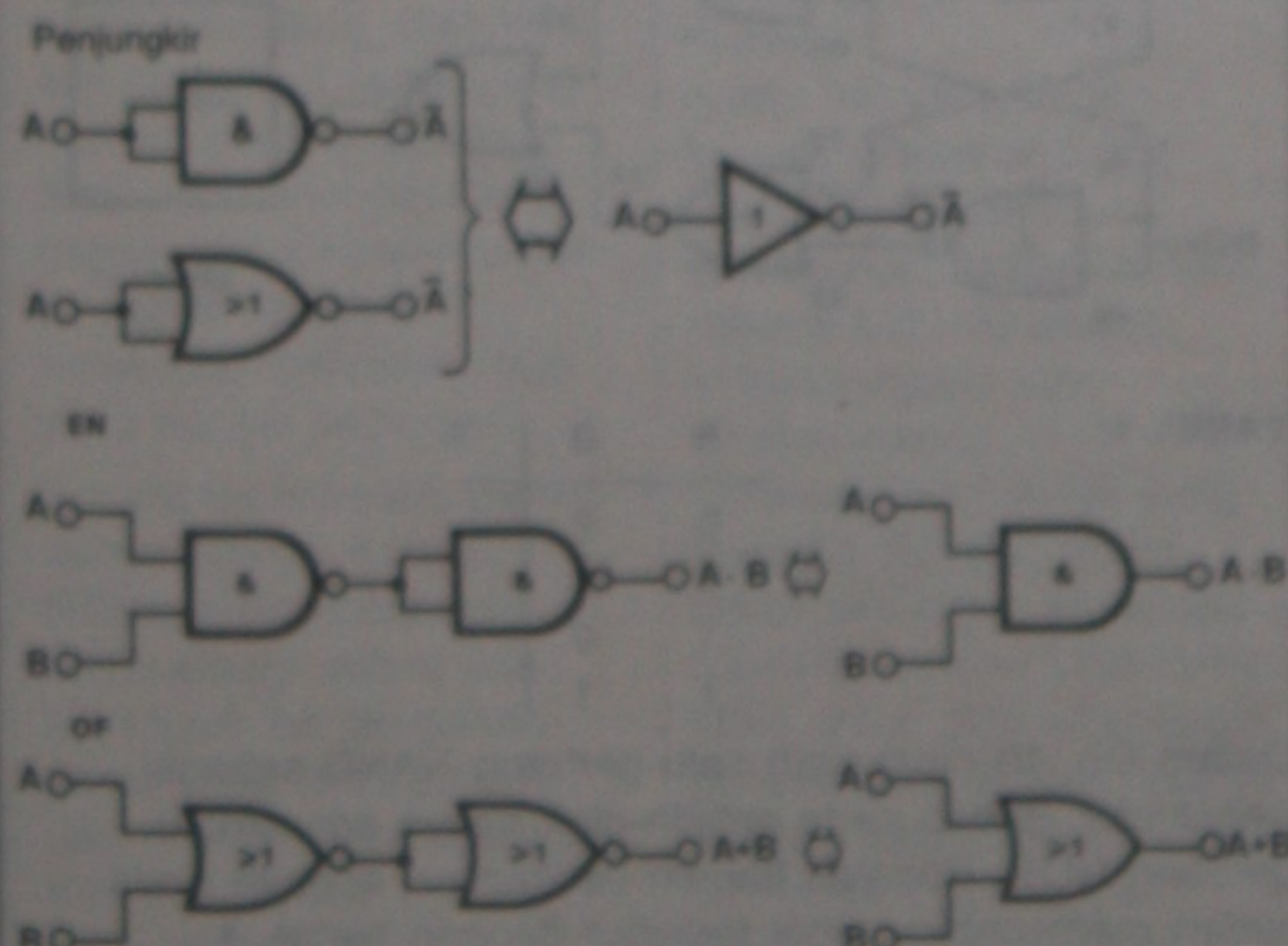
2

A	B	OR $A + B$	NOR $\overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Informasi logika barulah mengasyikkan, apabila kepadanya diberikan informasi konkret. Dalam kalimat: "Tuan KELUAR pergi bersepeda ke tempat kerjanya kalau tidak hujan, pula kalau tidak ada taufan" (jadi kalau tidak hujan DAN kalau tidak ada taufan) tersembunyi sebuah

3

Penjungkir

EN

OF

fungsi NOR. Kita misalkan bahwa kalau ada taufan, jalanmasuk A adalah "1", dan kalau tuan KELUAR ada angin yang berarti, A itu "0". Kita misalkan bahwa kalau ada hujan, jalanmasuk B adalah "1", jadi kalau bagi tuan KELUAR udara hanya sedikit lebat, maka jalanmasuk B adalah "0". Jalankeluar gerbang NOR pun mengemukakan, apakah tuan KELUAR bersepeda ("1") ataukah tidak ("0").

Adalah mungkin untuk membangun gerbang OR dari gerbang-gerbang NAND, (tempat seperti membangun pintu AND dengan gerbang-gerbang NOR).
Bagaimanakah caranya? Mari kita taruh tabel-tabel kebenaran NAND dan tabel kebenaran OR berdampingan:

TABEL 1:

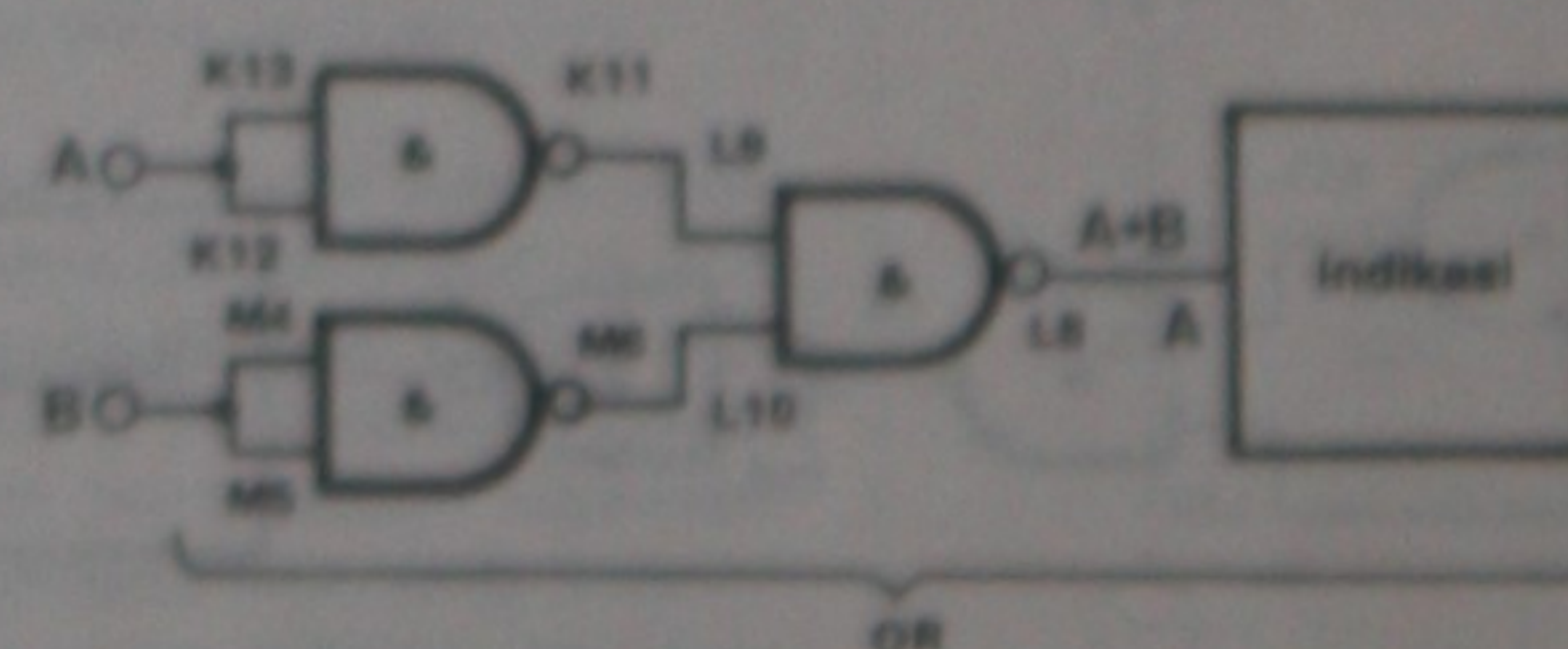
A	B	NAND $\overline{A.B.}$	OR $A+B$
0	0	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1

Perbedaan antara NAND dan OR muncul kalau A dan B kedua-duanya "0" ataupun kedua-duanya "1". Bagaimana kalau A dan B kita jungkirkan? Lihatlah:

TABEL 2:

A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	OR $\overline{\bar{A}.\bar{B}} = A+B$
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	1

Rangkaian yang bersangkutan dengan tabel tersebut adalah sederhana:

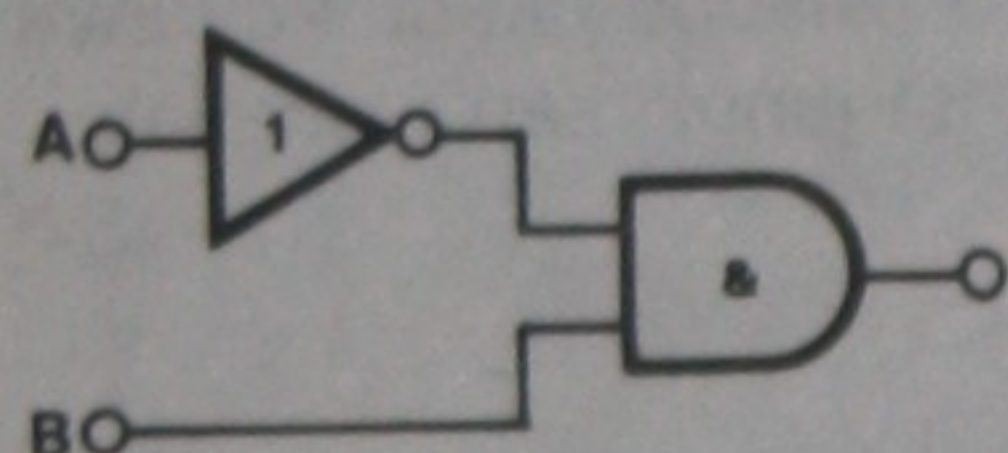
4

Huruf-huruf besar dan angka-angka (atau kombinasinya) dalam Gb. 4 dan gambar-gambar lain nanti ada sangkut-pautnya dengan koneksi-koneksi pada pelatih-digit. Dapat juga dipilih gerbang-gerbang NAND lain ataupun indikasi jalanmasuk lain. Usahakanlah sendiri, bagaimanakah membangun gerbang AND dari gerbang-gerbang NOR. Pemecahannya dikemukakan dalam Bagian y.a.d. Apakah sekarang kegunaan gerbang OR yang dibangun dari tiga gerbang, kalau dengan satu gerbang saja orang sudah dapat membangun? Manfaatnya adalah bahwa kadang-kadang kita akan dapat menghemat sebuah IC.
Dalam tipe IC NAND yang kita pakai, terdapatlah empat gerbang NAND. Misalkanlah bahwa kita memerlukan satu

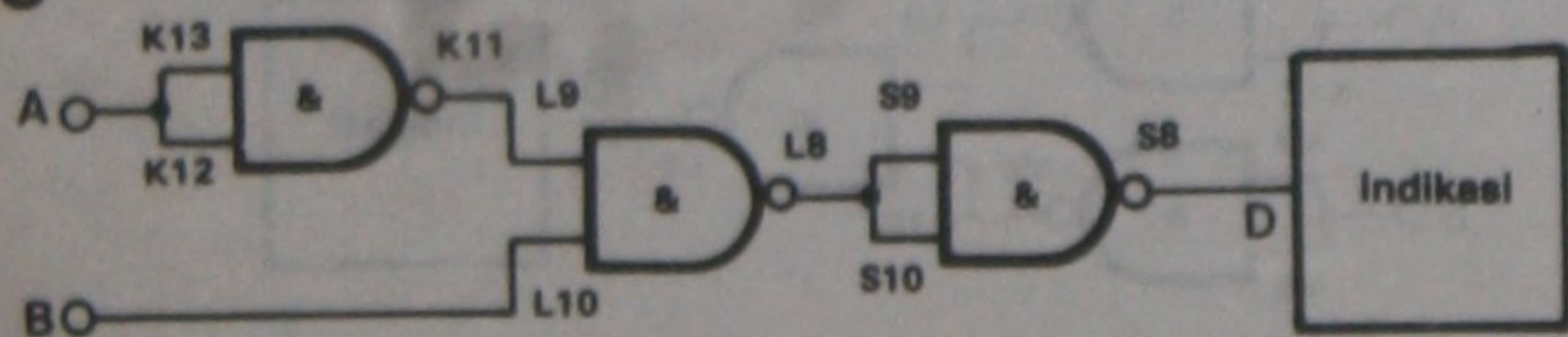
gerbang NAND dan satu gerbang OR. Maka kita menghemat satu IC NAND. Sekarang tentang fungsi logika baru, yaitu fungsi EXOR, singkatan dari EXclusive OR (OR khusus). EXOR adalah hampir sama dengan OR, bedanya: EXOR hanya beraksi pada jalanmasuk-jalanmasuk yang saling berlawanan.

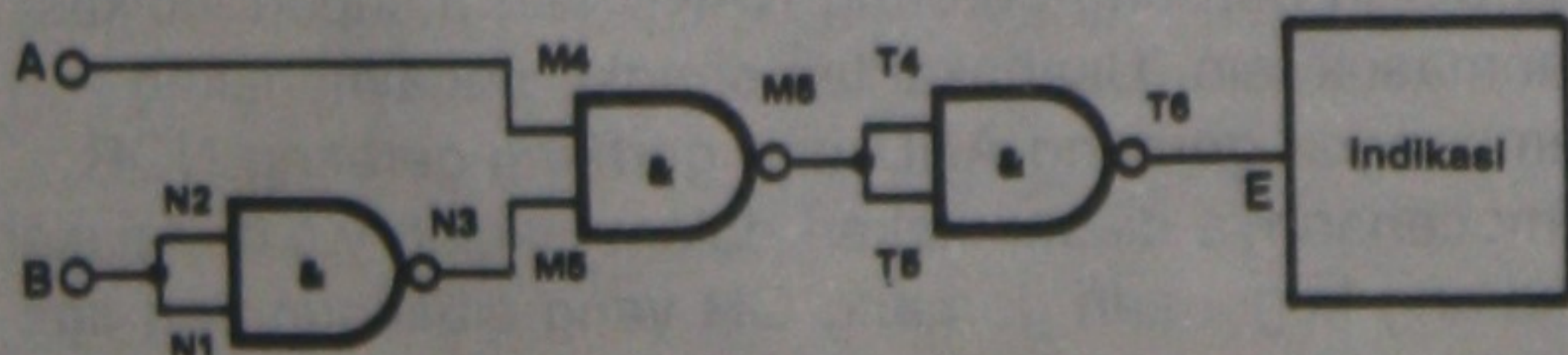
TABEL 3:

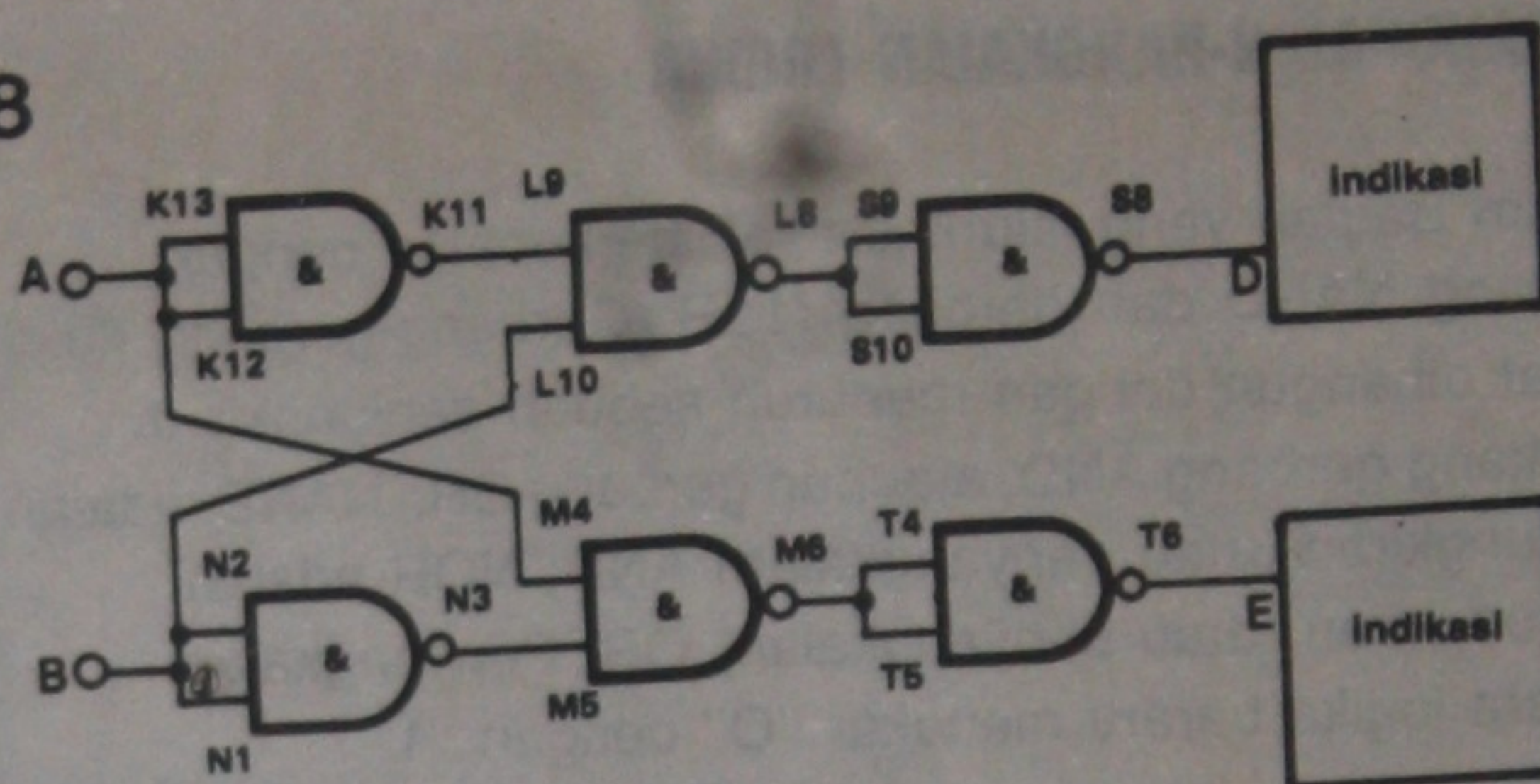
A	B	EXOR $A \neq B = \bar{A}.B + A.\bar{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

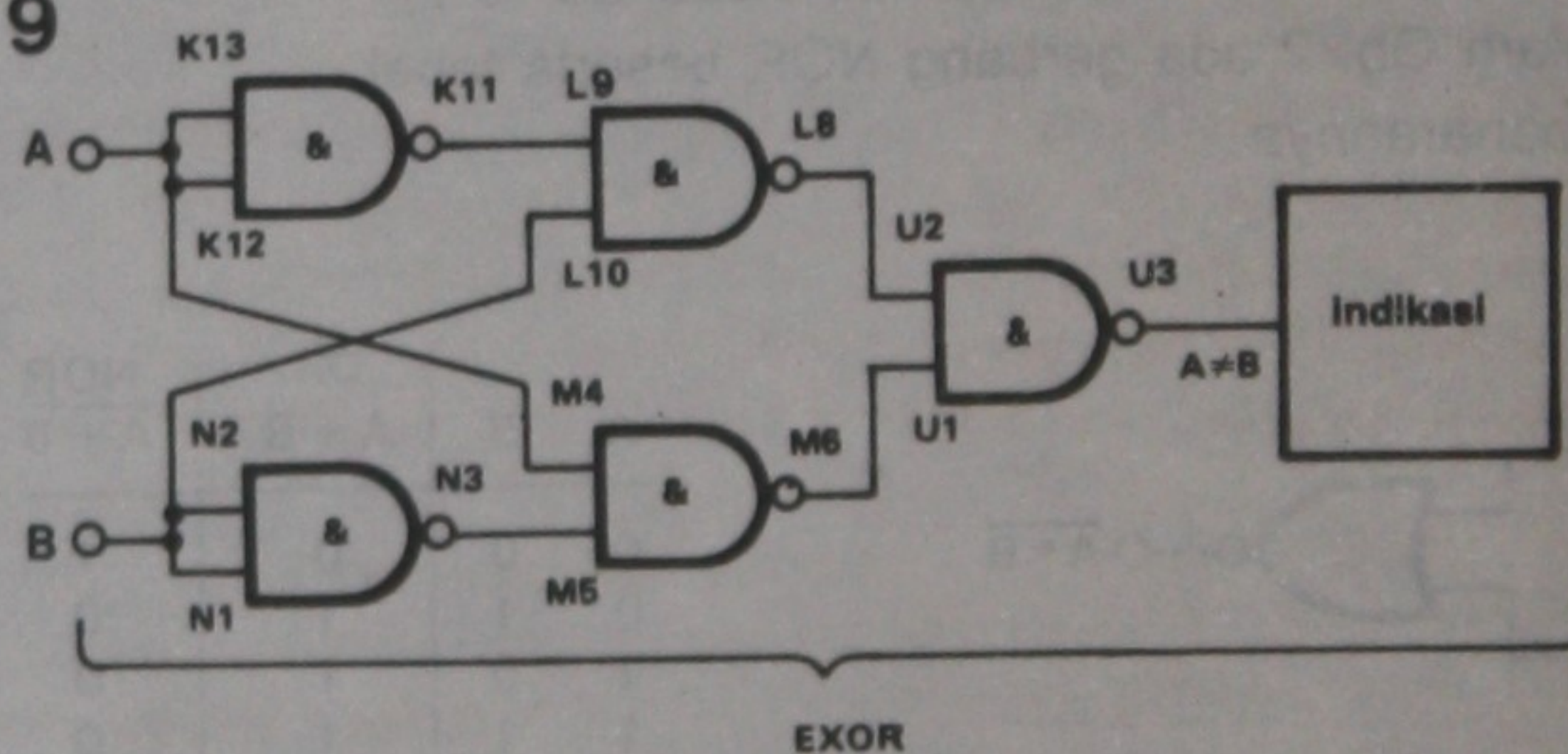
Lebih sulit ketimbang yang sudah lewat untuk menemukan rangkaian yang cocok di sini. Perhatikanlah benar-benar baris ke dua dalam TABEL 3. Rangkaian berikut memenuhi baris ini:

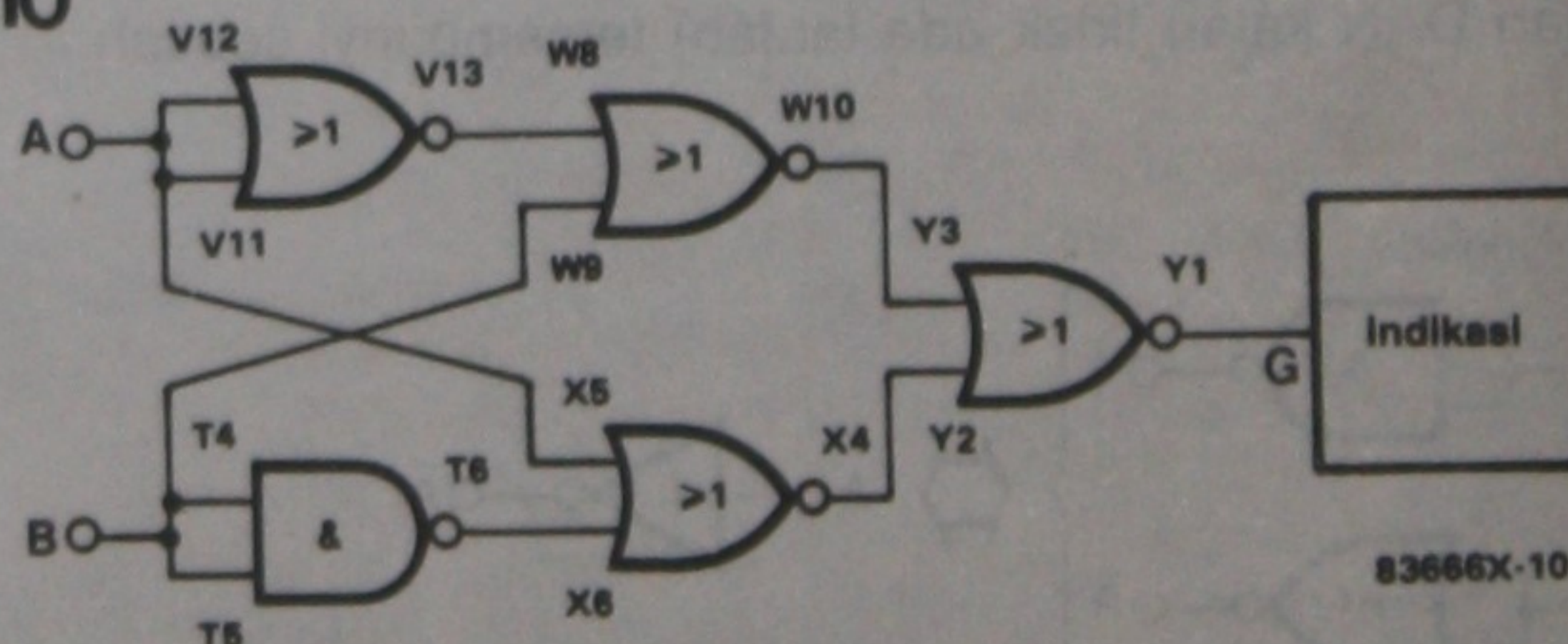
5

Sebab, keluaran adalah "1", bila A "0" dan B "1". Suatu terjemahan dalam pelatih-digit tentang Gb. 5 menghasilkan rangkaian berikut:

6

Baris ke tiga dalam TABEL 3 juga serupa, hanya sekarang A dan B perlu saling ditukar:

7

Rangkaian-rangkaian bagian (Gb, 6 dan 7) memiliki jalanmasuk sama, A dan B. Karena itu ada tambahan dua kawat koneksi:

8

Jalan keluar paling atas (yang berhubungan dengan jalanmasuk indikator D) adalah "1" bila A "0" dan B "1". Jalankeluar yang bawah (dihubungkan langsung kepada jalanmasuk indikator E) adalah "1", bila A "1" dan B "0". Kedua jalankeluar itu dikombinasikan dengan sebuah gerbang OR. Gerbang OR itu telah kita peroleh dengan titik tolak Gb. 4. Letakkan Gb. 4 di belakang Gb. 8 maka tampaklah bahwa ada dua penjungkir tersambung berurutan. Dua kali menjungkirkan adalah sama dengan tidak menjungkirkan (TIDAK TIDAK = tidak ada apa-apa). Maka dapatlah dihilangkan empat penjungkir gerbang-gerbang NAND):

9

Kalau Gb. 9 dibangun dari gerbang-gerbang NOR, maka terjadilah apa yang disebut fungsi EXNOR (EXclusive NOR, NOR khusus). Cobalah sendiri soal ini!

10

TABEL 4:

A	B	?
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Dalam Gb. 10 dipakailah satu gerbang NAND sebagai penjungkir, sebab pada pelatih-digit hanya ada empat gerbang NOR. Bacalah bagian berikutnya, apakah Anda sudah memecahkan soal tersebut dengan benar. •

C. INFORMASI PRAKTIS DAN TIP

1. ELEKTRONIKA — OPTO

Elektronika-opto. Sebenarnya suatu kata yang aneh kedengarannya. Tetapi mengenai segala sesuatu yang ada di balik kata ini, seringkali ternyata memang jauh lebih aneh lagi.

Cobalah Anda berpikir bagaimana mungkin bahwa suatu serpihan "papan-cetak" yang tanpa disertai alat-bantu lain apapun ternyata dapat menyalakan lampu atau memutarkan motor? Atau sebuah pena yang dapat melihat? Atau sebuah tirai gulung yang secara otomatis dapat menggulung ke atas sendiri jika terkena pengaruh sinar-sinar matahari yang pertama kali di waktu pagi?

Dan jangan pula lupa mengenai sebuah tivi yang dapat disetel untuk beralih ke saluran stasiun-pemancar lain cukup hanya dengan cara menunjuk-nunjuk pada sebuah kotak-kecil? Kita dapat saja meneruskan cerita ini dengan lebih panjang lagi, tetapi lebih baik bila kita mulai menelaah lebih teliti lagi mengenai segala segi keanehan demikian itu. Anda akan mengetahui bahwa untuk kesemua hal itu dapat diberikan penjelasan-penjelasannya yang sangat sederhana.

Secara garis-besar, bahan ramuan-dasar dalam bidang elektronika-opto dapat dibagi dalam dua kelompok: bahan-bahan dasar yang peka-cahaya dan memancarkan cahaya, Kita mulai untuk membahas yang terakhir.

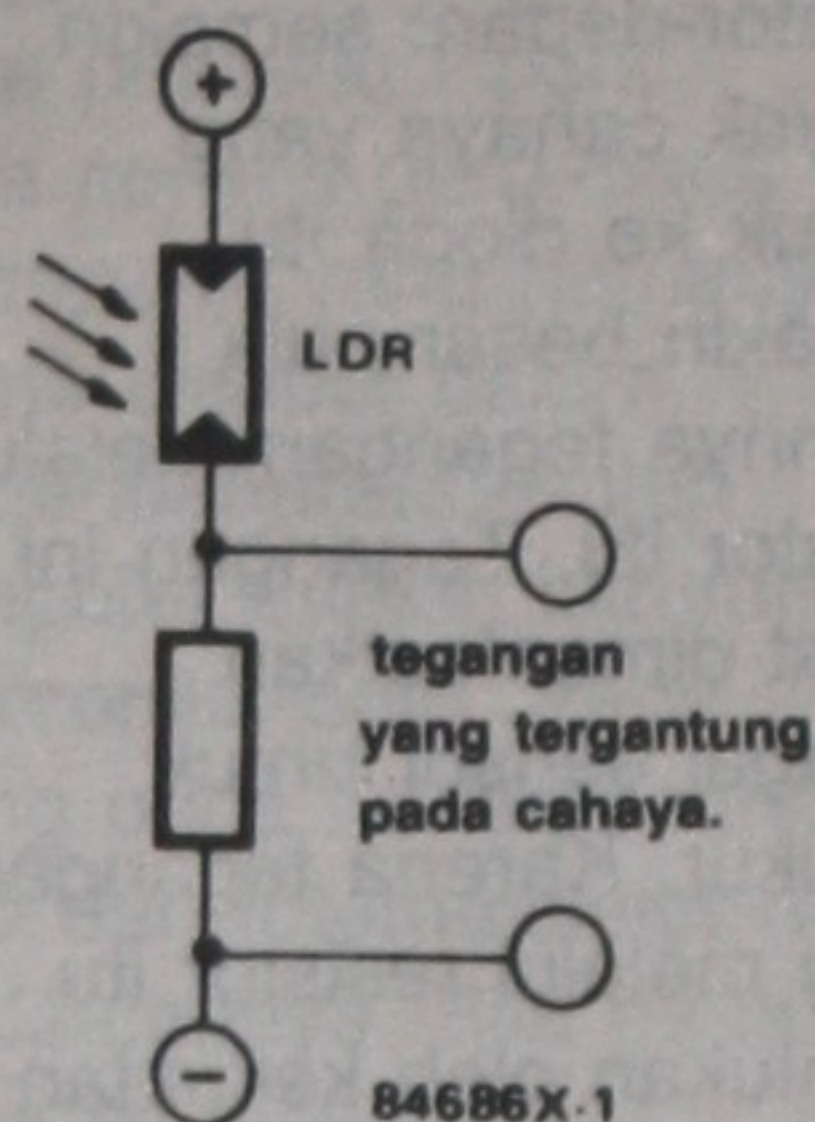
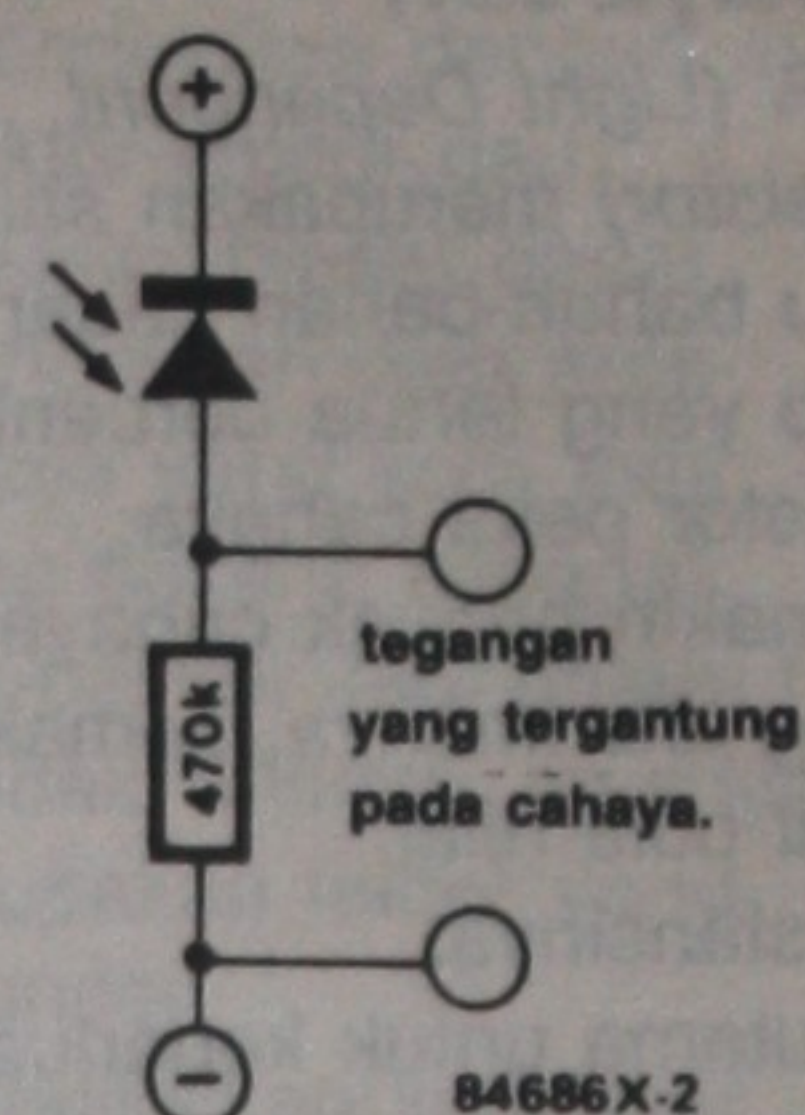
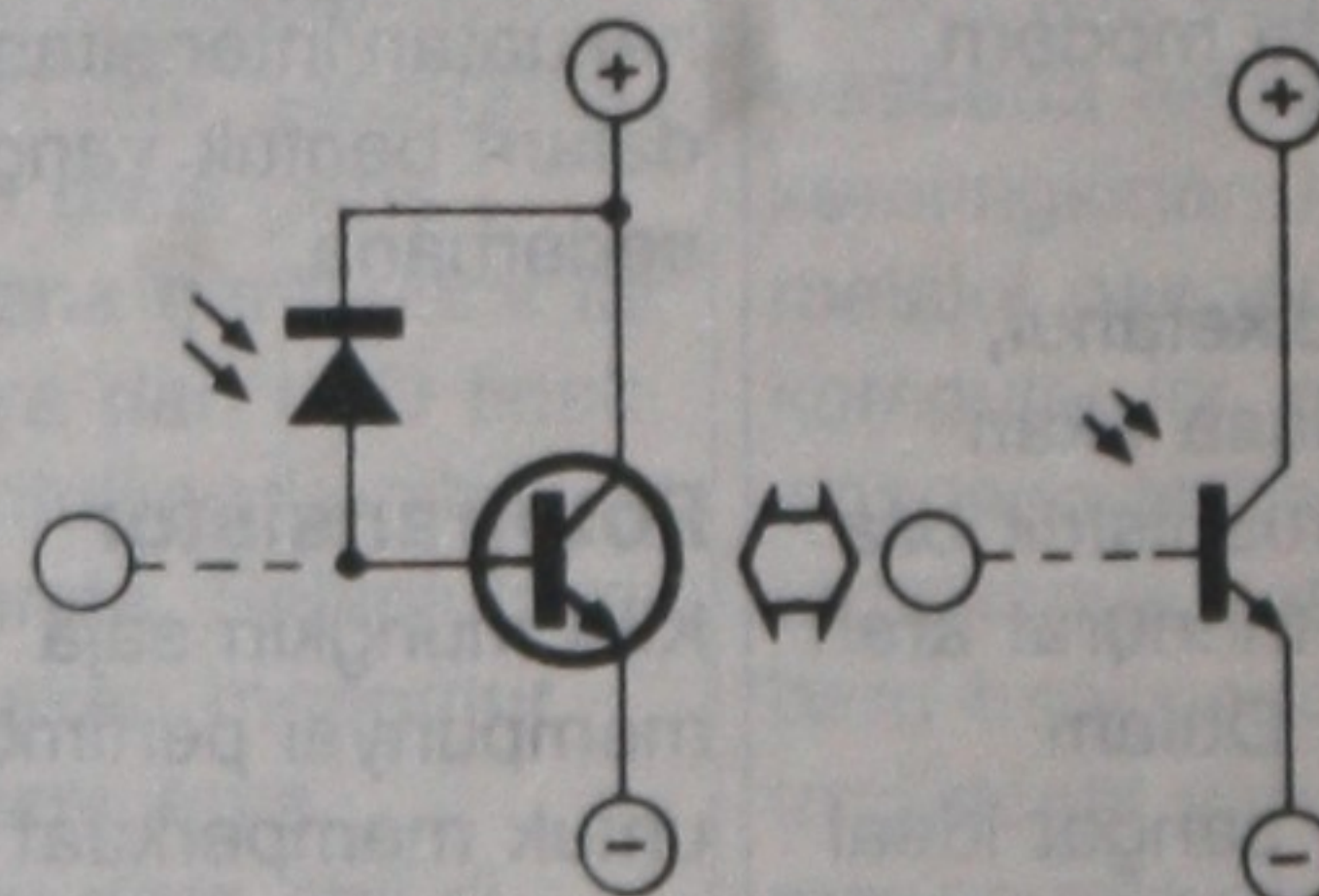
Bahan Dasar Pemancar Cahaya

Ahli elektronika yang teliti memberikan uraian mengenai kelompok ini sebagai "pengubah/pengalihan arus listrik ke cahaya."
Kedengarannya seperti sesuatu hal yang baru, tetapi sebenarnya tidaklah demikian, karena kini sudah berselang selama seratus tahun lebih (atau tepatnya 105) terhitung sejak Edison menemukan lampu-pijarnya yang pertama!
Dan hal itupun merupakan contoh pengalihan arus-ke cahaya yang paling terkenal pula.
Dalam bidang elektronika orang sering mempergunakan LED sebagai penghasil-cahaya: LED tidak cepat menjadi panas dan mampu mengadakan reaksi yang lebih cepat bila dibandingkan dengan lampu-pijar. Di samping itu LED dapat lebih dipercaya; suatu LED tidak memiliki kawat-pijar yang dapat putus!
Suatu hal yang tidak banyak diketahui orang (tentu saja sudah sewajarnya) adalah bahwa cahaya LED itu adalah monokromatik; atau tunggal-warna.
Terutama bagi Anda yang memiliki diskotik, maka berita semacam ini sangat menarik, karena LED cukup ideal untuk dipakai sebagai penerangan diskotik. Hanya sayang sekali bahwa LED ini hanya sedikit sekali memancarkan sinarnya.

1

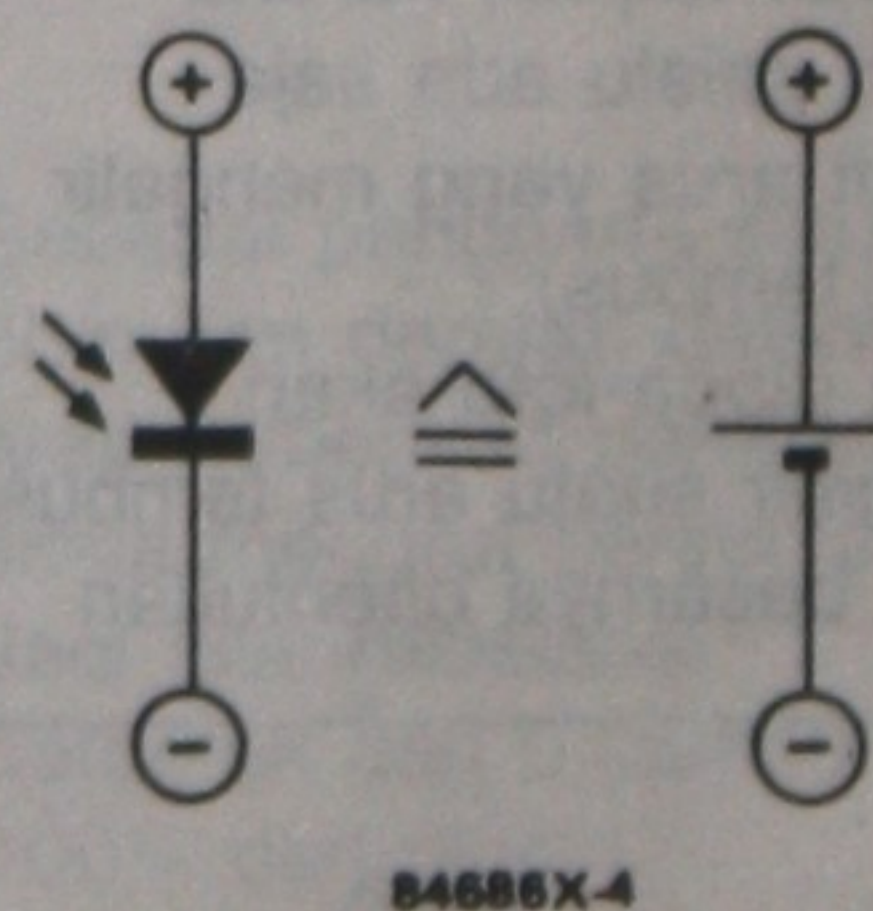
2

3

4

Gambar 1. Resistor-resistor peka-cahaya disingkat sebagai LDR, sering digabungkan dengan resistor lain yang berfungsi sebagai pembagi tegangan.

Gambar 2. Adanya cahaya akan memperburuk daya tembus dari dioda-cahaya. Arus tembus yang tergantung pada cahaya (peka cahaya) menimbulkan tegangan pada resistor-seri, yang dapat dipergunakan sebagai tegangan-pengendali suatu rangkaian-elektronik.

Gambar 3. Pada fototransistor kolektor-basis akan bekerja sebagai dioda-foto. Arus-cahaya akan bergerak dari basis ke emitor dan menyebabkan timbulnya arus-kolektor yang diperkuat.

Gambar 4. Komponen-komponen cahaya bila mendapat penyinaran cahaya akan membangkitkan suatu tegangan. Dengan demikian mereka dapat dipergunakan sebagai sumber-energi listrik *(solar-sel).*

Ada juga dioda-laser khusus yang memancarkan sinar yang koheren monokromatis (yaitu sinar dengan satu jenis panjang-gelombang dan partikel-partikel sinarnya berbaris dengan derap yang tetap dan sama). Dioda-dioda semacam itu menghasilkan sinar laser dengan

intensitas yang lebih kecil bila dibandingkan dengan laser-laser yang besar.

Bahan Dasar Peka Cahaya/LDR

LDR *(Light Dependent Resistor)* merupakan salah satu bahan-bahan dasar opto yang tertua berbentuk resistor peka cahaya. Semakin banyak cahaya yang diterimanya, semakin kecil pula nilai resistansinya.
Terutama untuk keperluan daya-penerangan yang rendah, kemampuan LDR secara relatif masih lamban atau kurang memuaskan, sehingga tidak memegang peranan besar pada elektronika-opto modern.

Dioda-foto

Seperti telah diketahui, suatu dioda biasa akan menyumbat arus listrik bila dipergunakan menurut arah penyumbatan. Dalam keadaan yang sangat ideal (keadaan yang tidak mungkin tercapai) maka secara mutlak tidak akan ada arus yang akan mengalir. Tetapi nyatanya dalam praktek hal demikian itu tidak terjadi, karena masih selalu ada saja sedikit arus yang mengalir (arus tembus).
Pada dioda-foto akan mengalir suatu arus tembus yang besarnya ditentukan oleh jumlah cahaya yang masuk melalui jendela-kecil yang dipasang pada rumah dari serpihan silikon.
Pada gambar kita melihat dioda demikian yang digabungkan dengan resistor-depan: semakin banyak cahaya yang masuk ke dioda itu, semakin besar pula turunnya tegangan melalui resistor itu. Tegangan ini dapat dimanfaatkan sebagai sensor untuk alatukur. Karena tegangan yang melalui resistor itu ditentukan oleh kekuatan cahaya, maka sebenarnya rangkaian pada gambar 2 dapat diterapkan sebagai luxmeter (pengukur kekuatan/intensitas cahaya) dalam bentuk yang paling sederhana.

Fototransistor

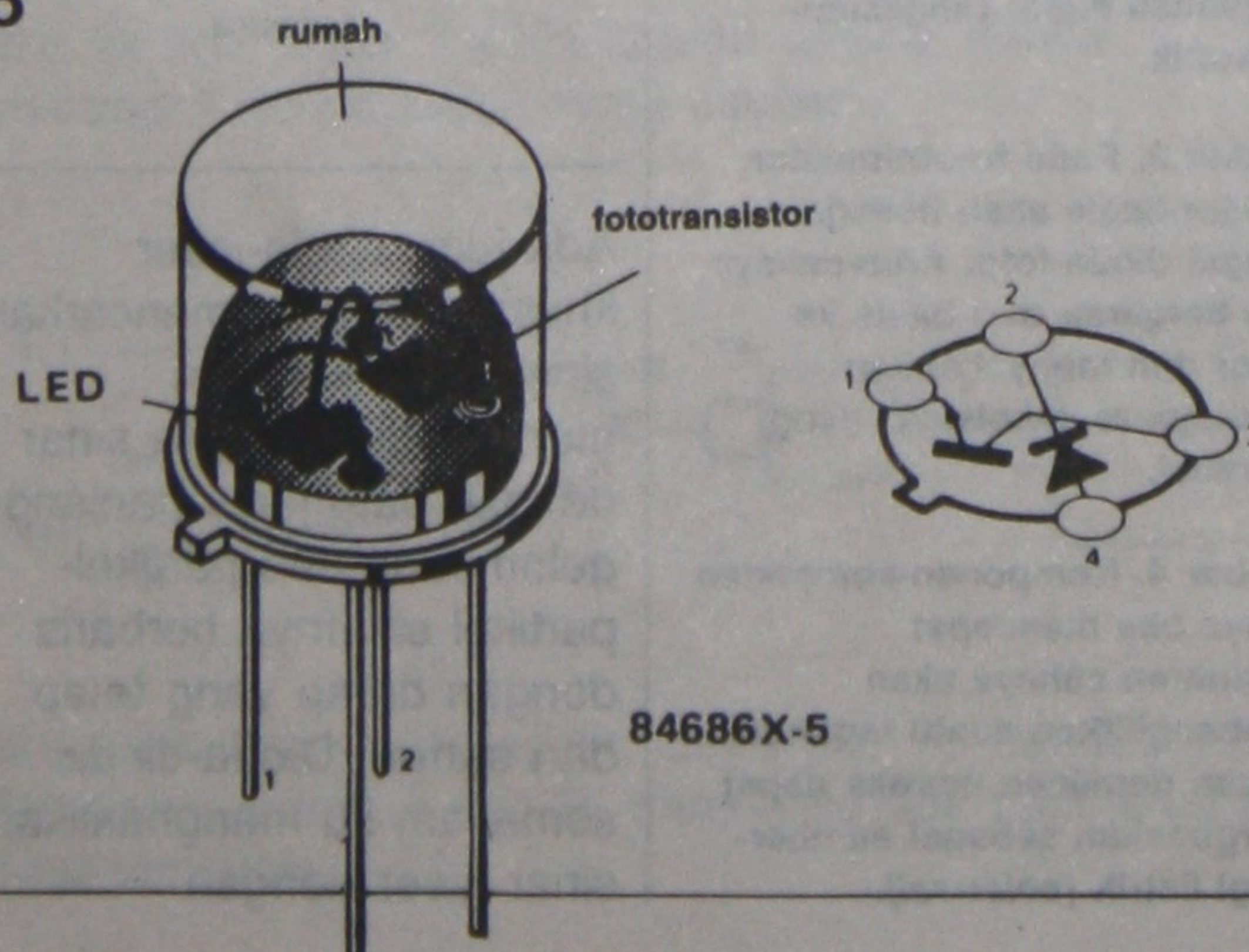
Kita mungkin saja mempunyai pertimbangan untuk memperkuat arus yang amat lemah dari arus tembus dalam dioda-foto, dengan suatu transistor.
Pada fototransistor hal ini telah dilakukan. Besar arus yang tergantung pada cahaya mengalir melalui pena-pena kolektor-basis (yang dapat dianggap sebagai suatu dioda yang dirangkai menurut arah penyumbatan). Karena arus itu mengalir dari basis ke emitor, maka arus itupun sekaligus diperkuat.
Dengan demikian maka besarnya hasil-akhir arus pada fototransistor kira-kira 10 kali lipat dibanding pada dioda-foto. Hubungan untuk basis tidak diperlukan, tetapi kadang-kadang dipakai juga untuk mengendalikan transistor secara elektronis (untuk memudahkan pengaturan/ penyetelannya).

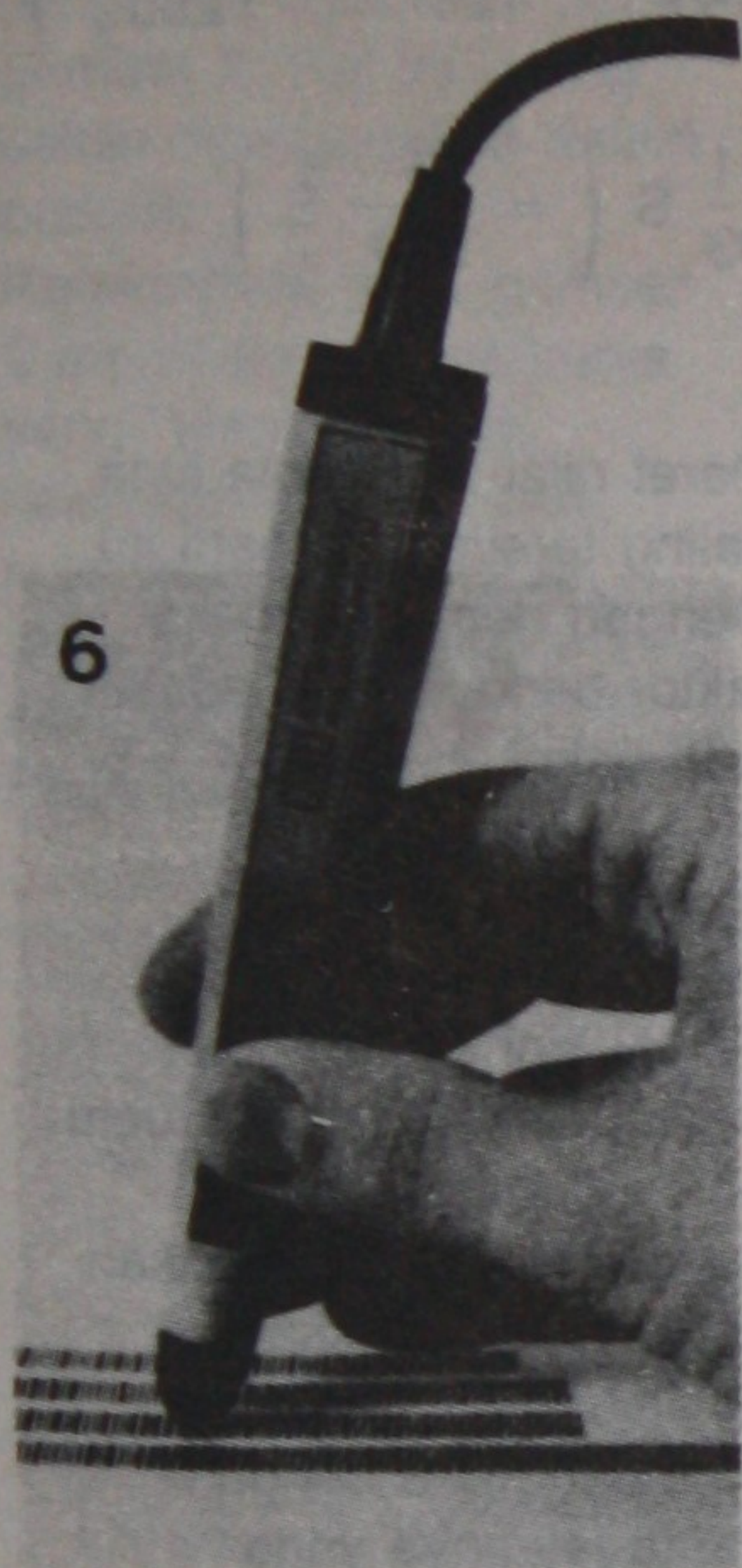
Elemen-elemen cahaya

Pada setiap elemen cahaya (solar sel adalah tipe yang terkenal) yang pada hakekatnya merupakan suatu dioda. Berlainan dengan komponen yang baru saja diuraikan di muka, maka dioda-dioda ini tidak membutuhkan catu daya, elemen-elemen ini menghasilkan sendiri energi listrik dengan jalan mengubah partikel-partikel cahaya (foton-foton) ke dalam bentuk arus-listrik. Selanjutnya, dioda-dioda ini dipasang menurut arah-penerus; jadi katodanya merupakan kutup positip dan anodanya merupakan kutup negatip. Solar sel ini sangat bergantung pada matahari.
Bila hari makin panas maka energi manusia akan merosot/menurun, sedangkan pada solar sel justru terjadi hal sebaliknya: makin banyak sinar matahari akan makin banyak pulalah energi yang dihasilkan.
Besarnya tegangan yang dihasilkan ditentukan menurut hubungan logaritmis dengan besarnya penyinaran cahaya.
Dengan kata lain: tegangan akan meningkat lebih lambat bila dibandingkan dengan masuknya energi-cahaya. Antara kedua besaran ini sebenarnya ada rumusan khusus berupa hubungan matematis, tetapi baiklah sementara ini kita tidak memperbincangkannya.

Konversi Cahaya

Meneruskan informasi melalui bantuan cahaya akan mendatangkan banyak sekali keuntungan/ manfaat. Karena itu tidaklah mengherankan apabila pada saat ini makin banyak orang menggunakan konventor jenis arus-ke cahaya-ke-arus. Contoh yang terkenal adalah kopeling-opto (penggandengan-opto).
Peralatan itu terdiri dari LED dengan fototransistor yang dimasukkan bersama-sama dalam satu rumah yang kedap-cahaya.
Jumlah cahaya yang dihasilkan oleh LED, sudah barang tentu sangat ditentukan oleh arus-LED. Hal itu mengakibatkan bahwa arus-keluarannya juga ditentukan oleh arus-masukkannya; semakin banyak cahaya (dari LED) yang jatuh pada fototransistor, akan semakin besar pulalah arus-keluarannya.
Jadi kita dapat mengatakan bahwa telah terjadi suatu cara konversi arus, tetapi tanpa melalui adanya suatu hubungan listrik secara langsung. Dalam hal-hal tertentu sistem itu sangat menguntungkan.
Misalnya kita ingin

5

Gambar 5. Pada kopeling-opto, mula-mula sinyal-sinyal listrik dikonversi menjadi cahaya (dengan menggunakan LED) setelah itu dikonvensi lagi menjadi sinyal-listrik (dengan menggunakan fototransistor). Kopeling-opto dapat dipergunakan untuk menggandengkan peralatan elektronik tanpa mempergunakan suatu sambungan yang menghantar arus-listrik.

6

Gambar 6. Pena-baca *(light pen)* dari peralatan-komputer modern juga bekerja dengan menggunakan cahaya. Sebuah LED menerangi kode garis-garis kemudian fototransistor menangkap kembali cahaya yang dipantulkan itu.

mengendalikan suatu rangkaian yang langsung tersambung pada jaringan 220 Volt, maka dengan menggunakan rangkaian-pengendali elektronik yang peka seperti kopeling-opto ini, kita dapat meneruskan sinyal-pengendali itu dengan tetap berada jauh sekali dari jaringan 220 Volt yang mematikan itu. Kita menamakan hal itu sebagai suatu cara pemisahan galvanis. Konversi sinyal melalui kabel-kabel *fiberglass* juga bekerja dengan memakai prinsip kopeling-opto ini. Jarak yang demikian jauhnya antar komponen-komponen pemancar-cahaya dengan yang peka-cahaya dapat dijembatani oleh *fiberglass* yang menghantarkan cahaya. Terutama untuk jaringan-jaringan tilpon semakin banyak menggunakan *fiberglass* ini. Kelebihan *fiberglass* dibandingkan dengan hubungan penghantar-arus-listrik biasa adalah: tidak dibutuhkannya kawat tembaga (yang mahal) dan di samping itu sistem *fiberglass* ini tidak peka terhadap sinyal-sinyal gangguan elektromagnetik. Hal ini berarti berkurangnya gangguan bunyi gemersik pada pesawat tilpon. Juga sejenis pena-baca *(light-pen)*, yang namanya sering disebut dalam perbendaharaan-istilah komputer adalah istrumen elektronika-opto. Pada ujung pena itu terpasang LED dan fototransistor atau dioda-cahaya. Bila pena-baca itu disentuh-digeserkan melalui kode garis-garis, maka LED itupun menyinari garis-garis kode itu dan fototransistor itupun mencatat garis-garis terang dan garis-garis gelap, karena garis-garis ini oleh cahaya dari LED tidak akan dipantulkan kembali secara merata. Selanjutnya komputer akan mengatur proses selanjutnya.

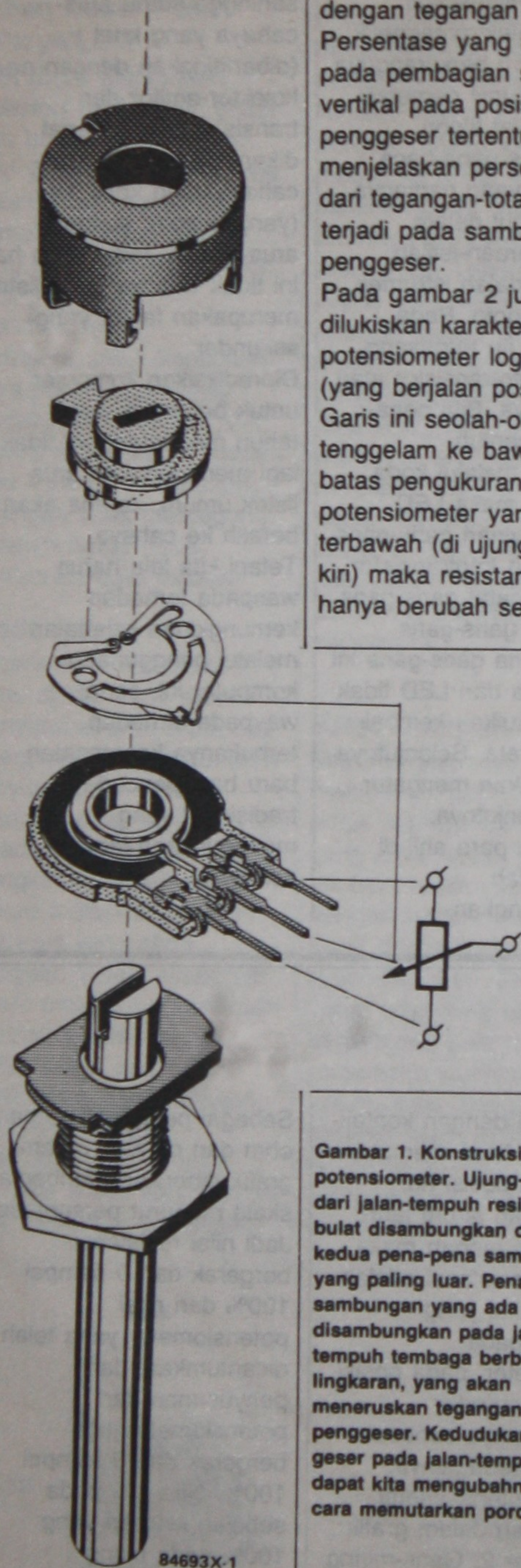
Selain itu para ahli di Amerika telah mengembangkan fototransistor yang lebih khusus. Komponen ini terdiri dari bahan-dasar yang dapat dirangkaikan sehingga suatu arus-cahaya yang kuat (dibandingkan dengan arus kolektor-emitor dari transistor biasa) dapat dikendalikan oleh arus-cahaya yang kecil saja (yang bekerja sebagai arus-basis). Jadi dalam hal ini tidak adanya arus listrik merupakan faktor yang sekunder. Diprediksikan komputer untuk beberapa puluh tahun mendatang ini tidak lagi menggunakan arus listrik umum, karena akan beralih ke cahaya. Tetapi kita lalu harus waspada terhadap kemungkinan kajahatan melalui penggunaan komputer ini, serta waspada terhadap terbukanya kesempatan baru bagi pencuri tradisional yang menggunakan lampu senter. ●

2. LINIER DAN LOGARITMIS

"Saya memerlukan potensiometer sepuluh ka!". Bila Anda mengajukan permintaan seperti itu kepada pedagang barang elektronika akan mendapatkan pertanyaan-balik: "yang linier atau logaritmis?" Jadi penting sekali untuk mengetahui tipe manakah yang kita perlukan. Sebuah potensiometer-putar terdiri dari suatu lintasan yang dibuat dari bahan-resistansi, di bagian atasnya dilalui oleh sebuah kontak-geser. Posisi kontak-geser akan menentukan nilai resistansi antara kontak itu dengan kedua ujung-ujung akhir dari potensiometer. Pertanyaan yang diajukan oleh pedagang tadi mempunyai keterkaitan dengan tingkat pengurangan resistansi pada saat memutarkan kontak-geser melalui keseluruhan lintasan resistansi. Pada sebuah potensiometer linier maka resistansi berubah secara teratur antara ujung sebelah kiri dengan kontak-geser (bila Anda memutar tombol dari posisi nol menurut arah jarum jam). Pada posisi tengah maka besarnya resistansi adalah 50% dari nilai yang tercantum pada potensiometer, pada posisi 2/3 dari jalan-edar keseluruhannya sebesar 67%, dan sebagainya. Gerakan potensiometer digambarkan dalam grafik dari gambar 2. Garis-miring di tengah-tengahnya memperlihatkan bahwa perubahan resistansi berbanding lurus dengan pemutarannya.

Sebagai pengganti satuan ohm dan derajat, dalam grafik diberikan pembagian skala menurut persentase. Jadi nilai resistansi bergerak dari 0 sampai 100% dari nilai potensiometer yang telah dicantumkan, dan penyusunan dari potensiometer juga bergerak dari 0 sampai 100%. Nilai 0% pada sebelah kiri dan yang 100% pada ujung pemutaran di sebelah kanan.

Karakteristik itu juga menerangkan kepada kita

1

tentang tegangan pada penggeser, pada saat kedua ujung akhir dari lintasan disambungkan dengan tegangan catu. Persentase yang kita baca pada pembagian skala vertikal pada posisi penggeser tertentu, menjelaskan persentase dari tegangan-total yang terjadi pada sambungan penggeser.
Pada gambar 2 juga dilukiskan karakteristik dari potensiometer logaritmis (yang berjalan positif). Garis ini seolah-olah tenggelam ke bawah. Pada batas pengukuran potensiometer yang terbawah (di ujung sebelah kiri) maka resistansinya hanya berubah sedikit pada saat tombol-geser diputar, pada posisi tengah perubahan resistansinya agak cepat dan menjelang ujung-akhirnya (disekitar ujung-akhir sebelah kanan) perubahan akan lebih cepat lagi.
Mengapa kita menyebutkannya logaritmis?
Banyak sekali proses-proses alamiah dan teknis tidak mempunyai perubahan yang linier. Coba kita pikirkan mengenai pendengaran dan kepekaan-cahaya dari bahan-foto. Bila Anda pernah mengukur daya sebuah penguat-suara, tentunya akan memperhatikan bahwa pelipatgandaan dari daya-keluarannya tidak akan menyebabkan suatu pelipat-gandaan dari tekanan suara dari pengeras suara.*
Sebuah contoh dari fotografi: Bila waktu-penyinarannya pada kamera kita ubah maka waktu dari tiap tahap akan dilipatgandakan atau dibagi-dua sebagai berikut:

$$\frac{1}{250}\ S - \frac{1}{125}\ S = \frac{1}{60}\ S...$$

Deret seperti itu, yang jarak-jarak antara tahap-tahap itu tidak tetap sama besarnya tetapi selalu merupakan pelipatgandaan dari tangga sebelumnya (dalam contoh adalah suatu faktor 2 atau 1/2, tetapi boleh saja faktor lain), sehingga mempunyai perjalanan yang logaritmis. Bila reaksi dari material-foto itu bersifat linier terhadap cahaya, maka setiap langkah akan selalu sama besarnya, dan deret waktu pemetik-kamera (shutter) kita terlihat sebagai berikut:

$$\frac{1}{250}S - \frac{1}{125}S\left(= \frac{2}{250}S\right) - \frac{1}{83}S\left(= \frac{3}{250}S\right)$$

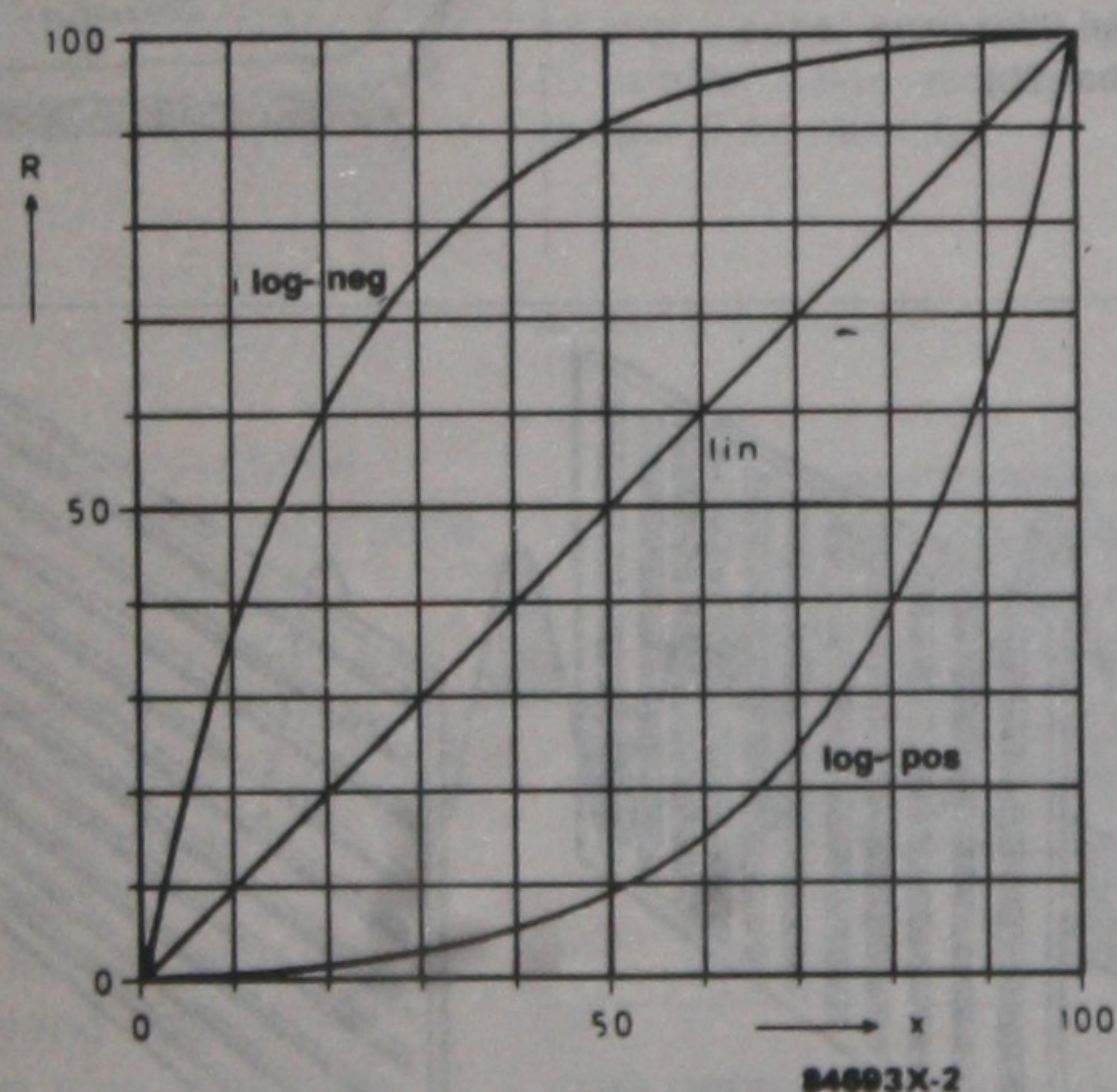
Deret nilai-diafragma juga saling tersusun seperti itu. Dengan demikian maka faktor perkaliannya adalah $\sqrt{2}$; yakni 2–2,8 –4 –5, 6–8.... Pada deret-diafragma linier akan menjadi 2–4–6–8 ...
Tetapi kini kita kembali pada potensiometer. Suatu potensiometer-volume logaritmis kita pergunakan untuk menyesuaikan perilaku-pengaturan dari penguat-suara dengan irama jalannya yang logaritmis dari sistem pendengaran manusia.
Pada tataran-suara yang rendah kita harus dapat mengatur suaranya dengan langkah-langkah yang halus. Karena itu karakteristiknya pada saat permulaannya hanya meningkat dengan sangat lambat. Maka tegangan pada penggeserannyapun juga akan meningkat dengan sangat lambatnya. Bila penguat-suara diputarkan lebih jauh lagi, selalu dibutuhkan lebih banyak daya untuk mengusahakan agar telinga kita pada kebisingan sebanyak itu masih dapat menangkap suara dengan "lebih banyak" lagi. Itulah sebabnya mengapa karakteristik akhir meningkat dengan curam.
Ada juga potensiometer yang mempunyai lintasan

84693X-1

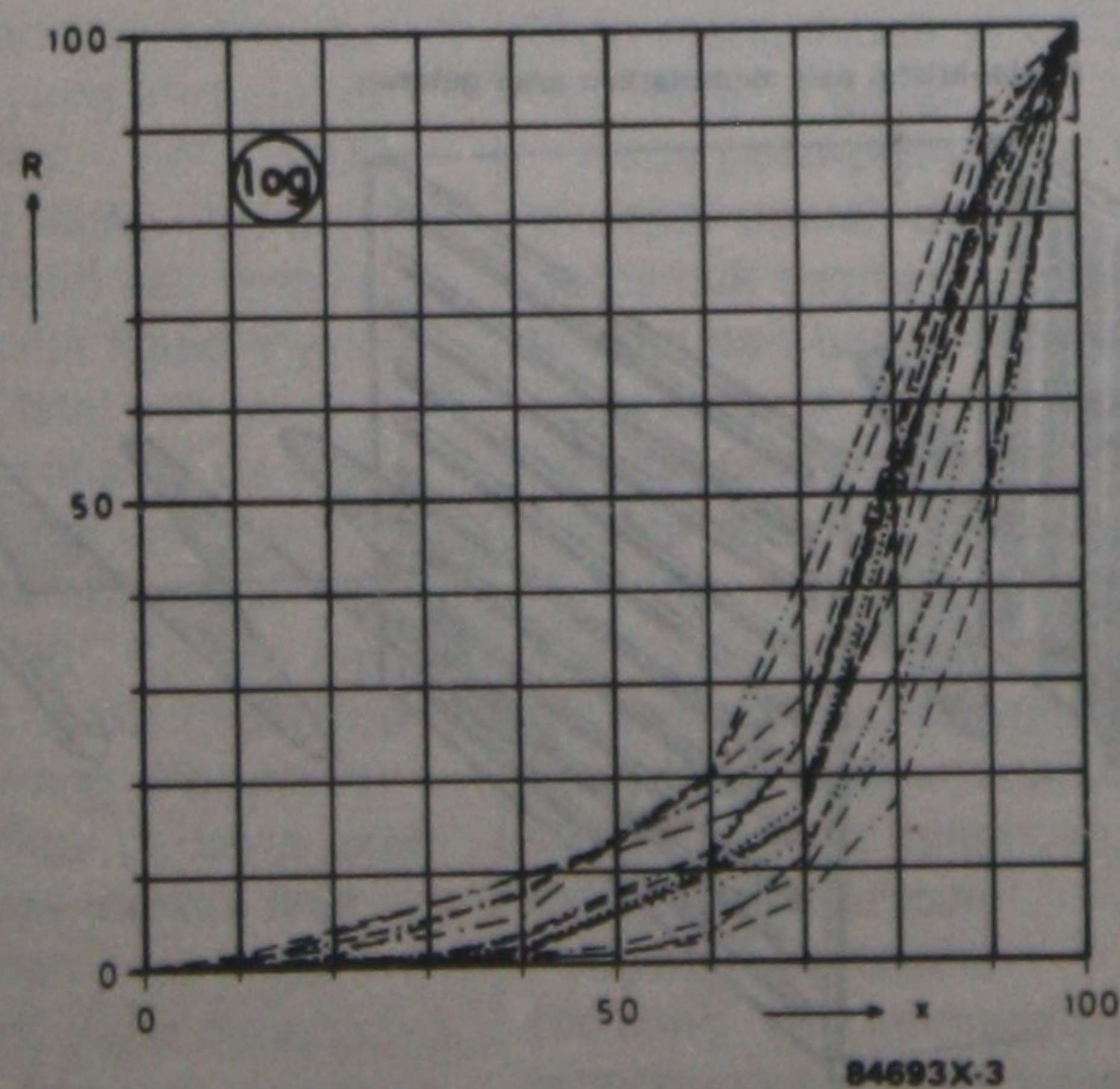
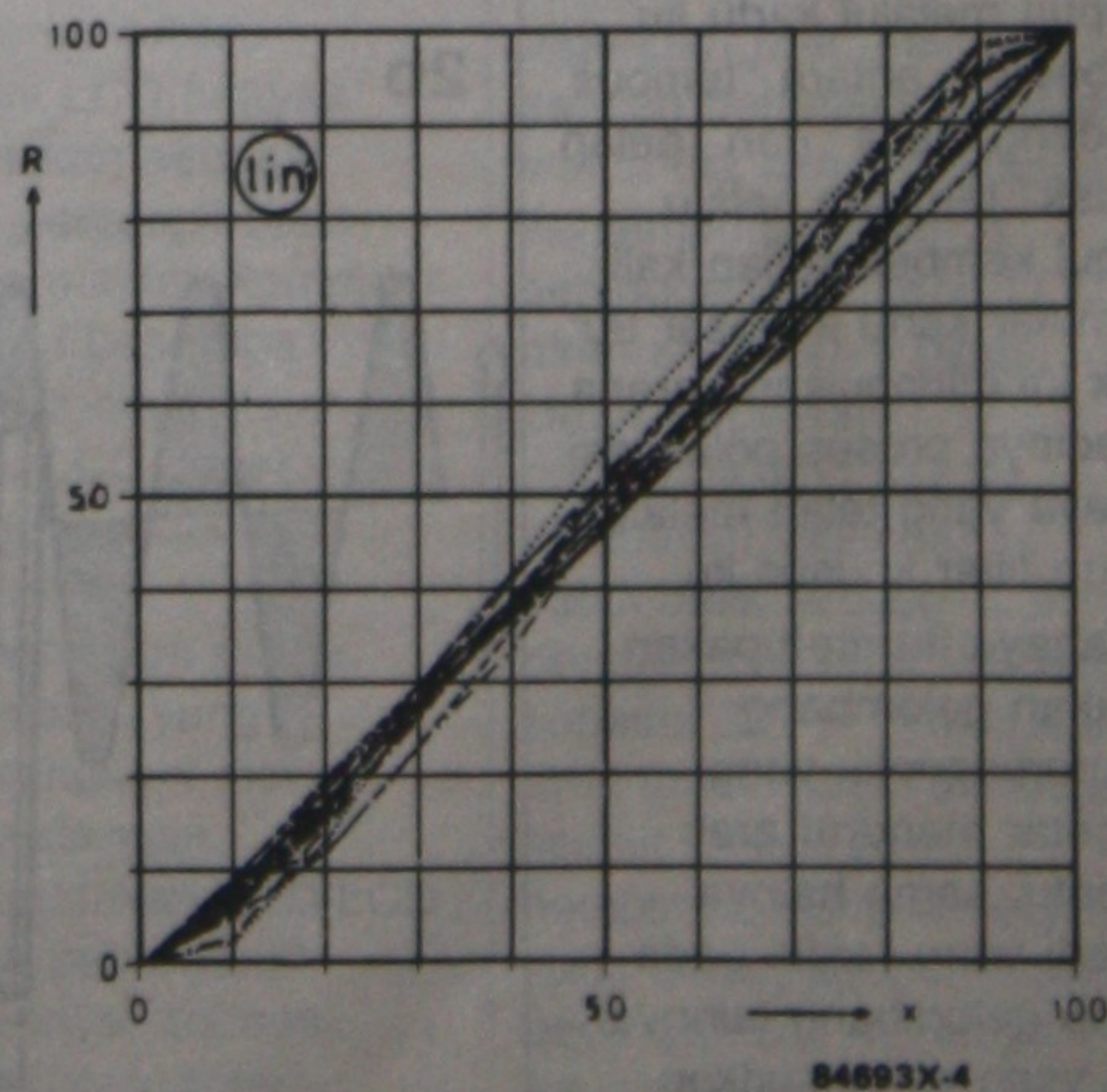
Gambar 1. Konstruksi sebuah potensiometer. Ujung-ujung akhir dari jalan-tempuh resistor yang bulat disambungkan dengan kedua pena-pena sambungan yang paling luar. Pena sambungan yang ada di tengah disambungkan pada jalan-tempuh tembaga berbentuk lingkaran, yang akan meneruskan tegangan dari penggeser. Kedudukan kontak-geser pada jalan-tempuh resistor dapat kita mengubahnya dengan cara memutarkan porosnya.

* Daya-keluaran penguat-suara dapat diukur dengan multimeter yang sederhana. Sambungkan multimeter dengan keluaran dari pengeras-suara dan aturlah untuk batas-pengukuran tegangan bolak-balik (AC) dari 5,10 dan 20 V.

logaritmis yang negatif, yang juga dilukiskan pada gambar 2. Hal ini jarang sekali dipergunakan dalam praktek.
Karakteristik pada gambar 2 merupakan kurva-kurva yang "ideal." Dalam kenyataannya lintasan potensiometer itu tidak akan sebagus seperti yang kita inginkan.
Pada gambar-gambar 3 dan 4 diberikan beberapa karakteristik yang telah kita ukur pada berbagai-bagai potensiometer. Semua karakteristik itu penyimpangannya dalam ukuran yang hanya sekedar sedikit atau banyak dari garis-garis pada gambar 2. Penyimpangan-penyimpangan demikian kecilnya sehingga untuk kebanyakan pemakaian praktisnya, dapat saja kita abaikan. Kadang-kadang dapat juga terjadi bahwa Anda dapat mengenali penyimpangan itu. Pada potensiometer-stereo (yaitu dua buah potensiometer yang mempunyai satu poros tunggal/bersama) dalam pesawat penguat-suara stereo, pada beberapa kedudukan potensiometer Anda akan dapat mendengar adanya sedikit perbedaan tataran suara antara saluran-saluran yang kiri dan yang kanan.
Masih ada sedikit petunjuk: huruf A yang ditulis di sebelah belakang nilai-resistansi pada potensiometer menunjukkan bahwa tipenya adalah yang linier, sedang huruf B itu menandakan suatu tipe yang logaritmis. ●

2

Gambar 2. Jalannya resistansi pada berbagai jenis potensiometer. Pada potensiometer linier maka meningkatnya nilai-resistansinya akan teratur-sama menuruti putaran kontak-penggesernya. Jadi garisnya juga merupakan garis-lurus. Pada karakteristik logaristmis yang positif, seperti halnya pada potensiometer-volume, maka jalannya resistansi itu telah disesuaikan dengan sistem pendengaran manusia. Pada posisi batas-tempuh yang terbawah kita dapat mengatur tegangan-tegangan kecil dengan demikian halusnya, dan pada posisi batas-tempuh yang teratas dengan hanya sedikit saja memutarkan porosnya kita sudah akan memperoleh suatu perubahan-tegangan yang sangat kuat.

Gambar 3 dan 4. Beberapa pengukuran karakteristik-karakteristik dari potensiometer. Karakteristik ini agak menyimpang dari karakteristik ideal dari gambar 2.

3

4

3. BAGAIMANA CARA KERJA LCD?

Adakah hubungan antara cara kerja lensa Polaroid dengan jam tangan LCD? Secara sepintas memang sama sekali tidak nampak hubungannya, tetapi bila ditelaah lebih teliti ternyata ada satu hal yang sama yaitu kedua-duanya bekerja dengan filter-filter polarisasi. Di toko kamera mungkin Anda pernah melihat dipamerkannya Lensa Polaroid yang digantungi dengan sebuah kartu yang mengandung bahan Polaroid. Pabrik pembuatnya ingin memperlihatkan kepada pembeli lensa tentang cara kerja filter polarisasi jenis ini.

Cobalah Anda melihat melalui lensa itu dan peganglah kartu yang mengandung filter ekstra di depannya. Pada suatu posisi tertentu dari kartu, Anda dapat melihat melalui kedua kaca-kaca filter itu seolah-olah seperti kaca biasa saja. Bila kini kartu ini diputar secara perlahan-lahan, maka akan tercapailah suatu titik tertentu yang kita tidak akan melihat sesuatu apapun melalui kartu itu. Perbedaan antara "tembus pandang biasa" dan "gelap mutlak" ternyata selalu timbul kembali setiap kali memutar kartu sebesar 90°. Efek ini ditimbulkan karena terjadinya proses polarisasi cahaya yang telah melalui bahan filter khusus itu.

Cahaya itu merupakan gerakan gelombang elektromagnetik yang bergetar menurut arah tertentu, sama halnya seperti yang terdiri pada setiap gelombang lainnya. Apa yang dimaksudkan dengan kata arah getaran itu dapat diterangkan secara sangat jelas dengan bantuan seutas tali.

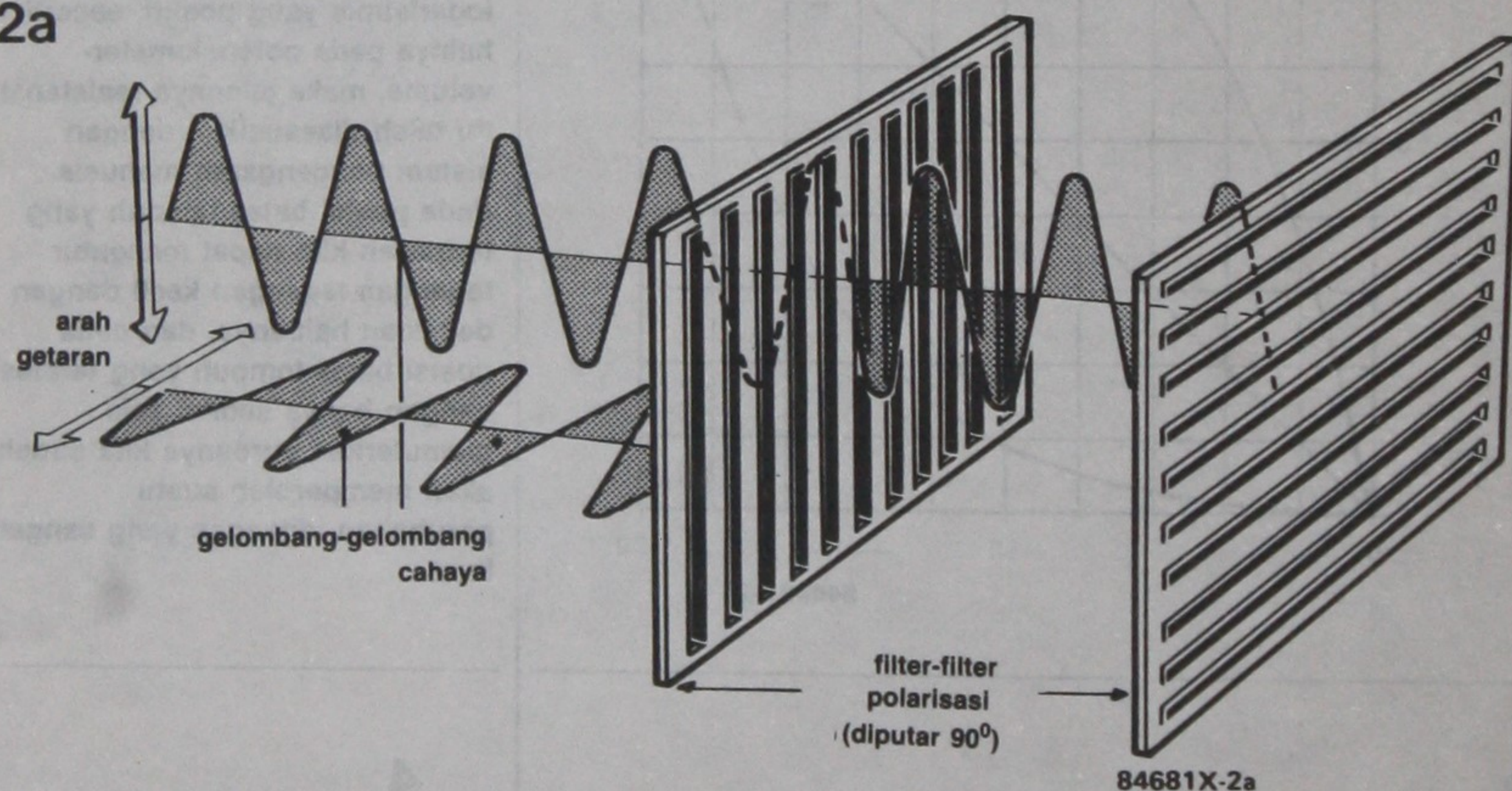
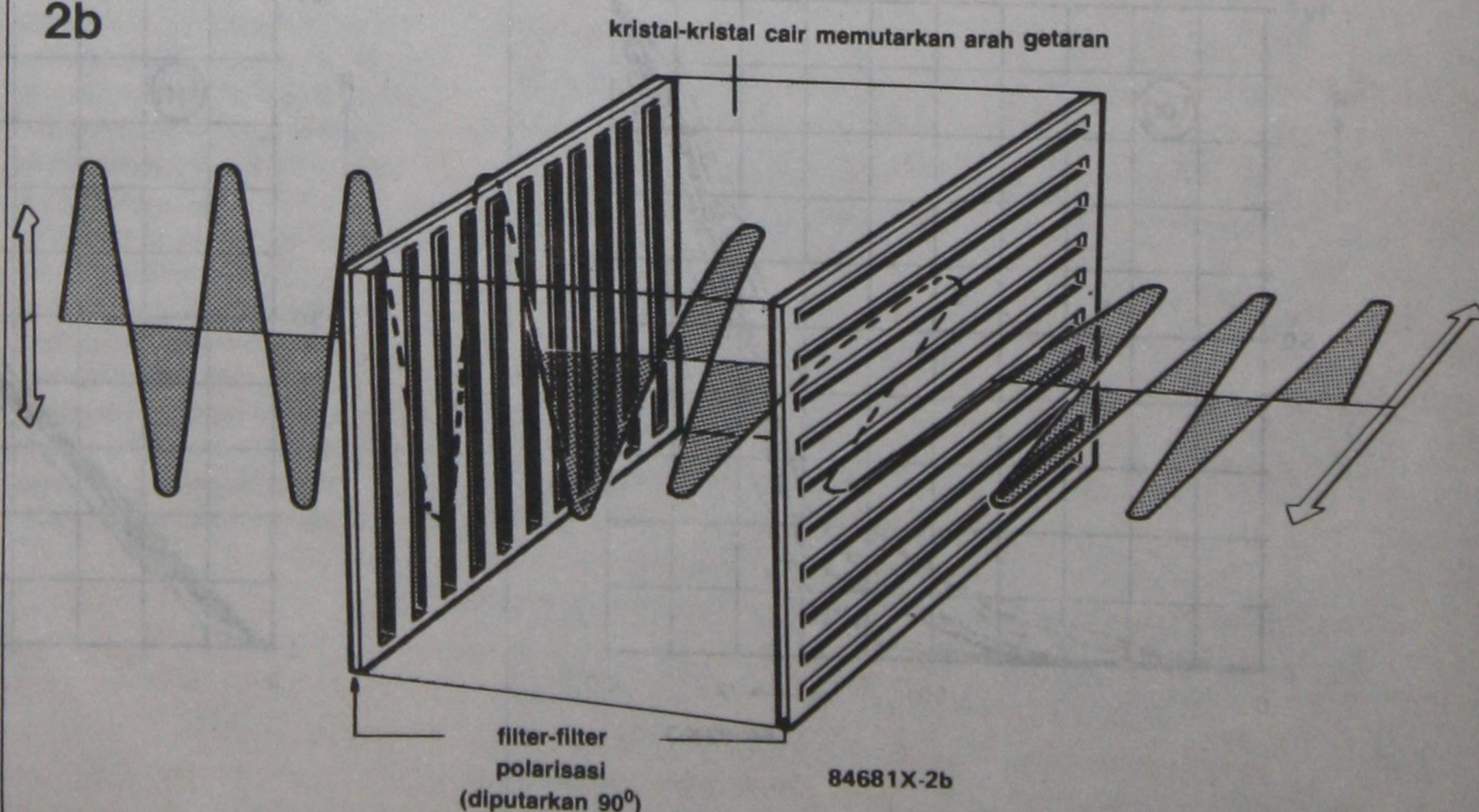
Salah satu ujung tali itu diikat kencang pada suatu tempat. Bila kini kita memberikan ayunan pada sebelah lain dari ujung tali itu, maka akan ada suatu bentuk gelombang yang berjalan menuju sebelah ujung tali yang diikat kencang tadi. Arah deviasi bentuk gelombang pada tali itu telah ditentukan oleh arah ayunan yang telah kita berikan tadi. Itulah apa yang dimaksudkan dengan arah getaran.

Juga sinar-sinar cahaya mempunyai arah getaran

Gambar 1. Sangat terkenal, namun masih asing LCD. Sebenarnya hal itu tiada lain hanyalah merupakan dua buah pelat-pelat gelas yang di antara keduanya diperlengkapi dengan dua buah filter polarisasi dan suatu zat yang terdiri dari kristal-kristal cair.

Gambar 2. Dua buah filter polarisasi yang arah-arah filternya saling diputarkan antara yang satu dengan lainnya sebesar 90°, sehingga tidak akan dapat meneruskan sinar cahaya (gambar 2a). Kristal-kristal cair di antara filter-filter itu memutarkan arah getaran cahaya sedemikian, sehingga sinar-sinar cahaya itu akhirnya dapat juga menerobos dan melalui filter yang kedua (gambar 2b).

1

2a

2b

tertentu. Sebagian besar sumbu-sumbu cahaya (kecuali LASER) memancarkan gelombang-gelombang sinar ke arah-arah getaran. Pada filter polarisasi, demikian juga lensa Polaroid, hanya akan meneruskan gelombang-gelombang cahaya yang mempunyai arah getaran tertentu saja.

Bila kini kita memasang dua buah filter-filter polarisasi secara saling berhadap-hadapan sehingga arah-arah getarannya bergetar dalam posisi saling tegak lurus antara yang satu terhadap lainnya, maka tidak akan ada satupun sinar cahaya yang akan diteruskan. Begitulah cara bekerjanya lensa beserta kartu yang diikutsertakan padanya. Demikian pulalah cara kerja LCD ("Liquid Crystal Display"). Pada LCD filter-filternya diletakkan pada gelas-gelas pelat muka dan pelat belakang dari pembacaan.

LCD terlihat sebagai benda yang tembus pandang saja, dan Anda pun dapat melihat melalui benda itu tanpa mendapatkan halangan apapun. Hal itu disebabkan karena adanya semacam zat cair yang terdapat di antara kedua pelat gelas itu, yang terdiri dari sejenis kristal-kristal cair (sehingga diberi nama liquid crystal). Kristal-kristal cair ini mempunyai sifat dan kemampuan untuk memutar arah getaran cahaya sebesar 90°. Karena hal tersebut, maka sinar-sinar cahaya yang diteruskan melalui filter pertama akan dapat juga melalui filter kedua, dan juga dapat terjadi hal yang sebaliknya. Dengan bantuan tegangan (yang rendah) maka kemampuan pemutaran arah getaran dari kristal-kristal cair itu dapat dihilangkan. Di tempat-tempat yang diberi tegangan itu pulalah yang akan mengakibatkan LCD-nya menjadi gelap.

Pada pelat-pelat gelas itu terdapat daerah-daerah berbentuk segmen yang terbuat dari bahan-bahan penghantar arus tetapi bersifat tembus pandang (oksida-seng, ZnO_2). Bila di antara dua daerah yang letaknya saling berhimpitan itu (terdapat lapisan pada jarak tertentu di antaranya) diberikan suatu tegangan, maka daerah itupun menjadi tidak tembus pandang. Bila kemudian tegangannya dihilangkan lagi, maka daerah itupun menjadi tembus pandang lagi. Daerah-daerah itu boleh berbentuk apapun sesuai dengan apa yang diinginkan, asalkan daerah-daerah itu tidak sampai saling bersentuhan.

Saat ini LCD banyak dipergunakan sebagai medium penampil pada mesin permainan komputer, sedangkan beberapa komputer modern telah memakai LCD besar yang berfungsi sebagai layar gambar pipih.

Ada beberapa pabrik mobil tertentu yang memperlengkapi model mobilnya dengan mempergunakan LCD-LCD berwarna pada panel instrumennya, sebagai pengganti instrumen pengukur dan penghitung yang konvensional.

Gambar 3. Di sini jelas nampak cara penyusunan dari LCD itu. Di antara dua belah pelat-pelat gelas yang memiliki filter-filter polarisasi terdapat suatu cairan kristal cair. Elektroda-elektroda yang dibuat dari bahan tembus pandang yang menghantarkan arus.

Gambar 4. Sebuah LCD dengan 3½ — angka. Yang sebuah di sebelah depan dihitung sebagai setengah angka.
LCD-nya dikendalikan oleh tegangan bolak-balik sebesar 5 V dengan frekuensi 32 Hz. 32 Hz.

Gambar 5. Dalam perjalanan ke arah layar gambar yang pipih: LDC dengan ukuran 64 x 320 (= 20.480) titik-titik (8 baris dengan 40 karakter masing-masing dengan 8 x 8 titik-titik).

3

4

5

Penggunaan

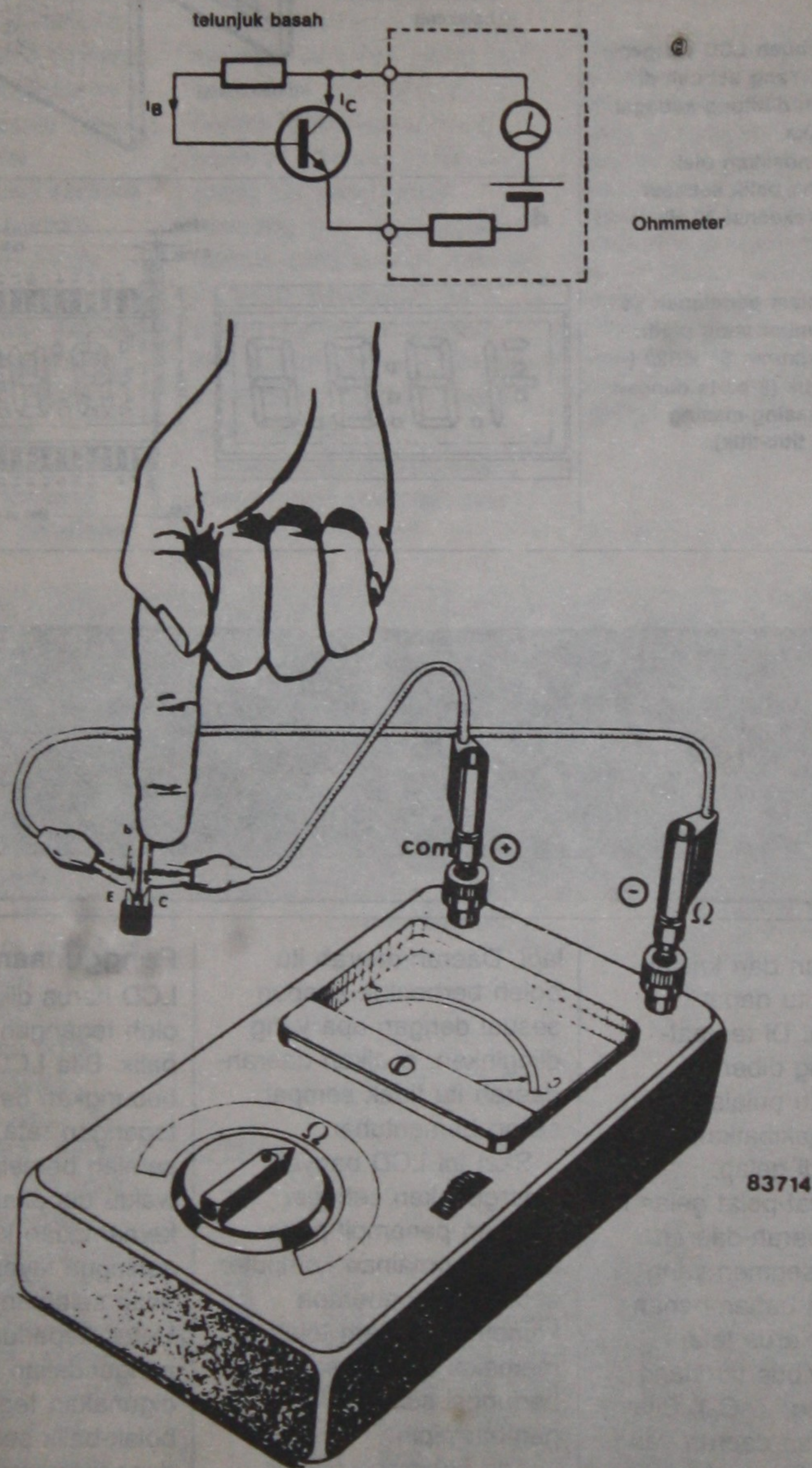
LCD harus dikendalikan oleh tegangan bolak-balik. Bila LCD kita hubungkan dengan tegangan rata, maka setelah berselang beberapa waktu dia akan kehilangan kemampuan kerjanya sehingga layar baca LCD akan selamanya gelap. Untuk keperluan pengendalian LCD itu digunakan tegangan bolak-balik sebesar 5 V dengan memakai frekuensi sebesar 32 Hz. Konsumsi arus untuk LCD itu sangat sedikit. Untuk suatu pembacaan 3½ — angka yang biasa, seperti terlukis pada gambar 4, hanya memerlukan 23 uA (mikro-Amper)! Suatu jumlah yang hampir-hampir tiada berarti! ●

4. MENGUJI TRANSISTOR DENGAN TELUNJUK

telunjuk basah

I_B I_C

Ohmmeter

83714

Untuk penguji ini Anda cukup menggunakan rangkaian transistor paling sederhana yang dapat Anda bayangkan. Dengan cara ini Anda dapat melaksanakan apa yang disebut sebagai "uji benar/salah", jadi untuk menguji apakah sebuah transistor masih bekerja atau tidak. Sebuah alatukur-ohm (ohmmeter, yaitu multimeter pada posisi-ohm) disambungkan pada kolektor dan emitor. Pada transistor-NPN kutub positif multimeter (sambungan-COM), dihubungkan pada kolektor, sedang pada trasostor-PNP dihubungkan pada emitor transistor. Dua buah pena transistor yaitu kolektor dan emitor tersambung secara deret dan dikutubkan secara terbalik. Karena itu tidak akan ada arus yang lewat; jarum alatukur tidak bergerak.

Bila telunjuk disentuhkan pada sambungan-sambungan kolektor dan basis, maka alatukur akan bergerak. Telunjuk mempunyai resistansi yang besarnya beberapa kΩ, sehingga akan mengalir arus-basis yang lemah. Suatu transistor-uji yang masih baik akan memperkuat arus-basis itu. Arus kolektor (dan arus basis) akan mengalir melalui alatukur kumparan-putar dan akan menyebabkan jarum penunjuknya bergerak. Catu-daya untuk keseluruhan rangkaian penguatan yang sederhana ini berasal dari baterai yang ada dalam multimeter. Kalau sambungan-kolektor-emitor putus, sedangkan pena basis-emitor masih tersambung dengan baik; maka multimeter hanya mengadakan reaksi lemah terhadap arus-basis, sehingga jarum penunjuknya tidak akan bergerak terlalu jauh.

Dengan pengalaman tambahan, kita dapat dengan cepat menguji sebuah transistor dengan jenis kerusakan semacam ini. •

D. BENGKEL INSTRUMENTASI

1. CARA MEMBUAT PCB

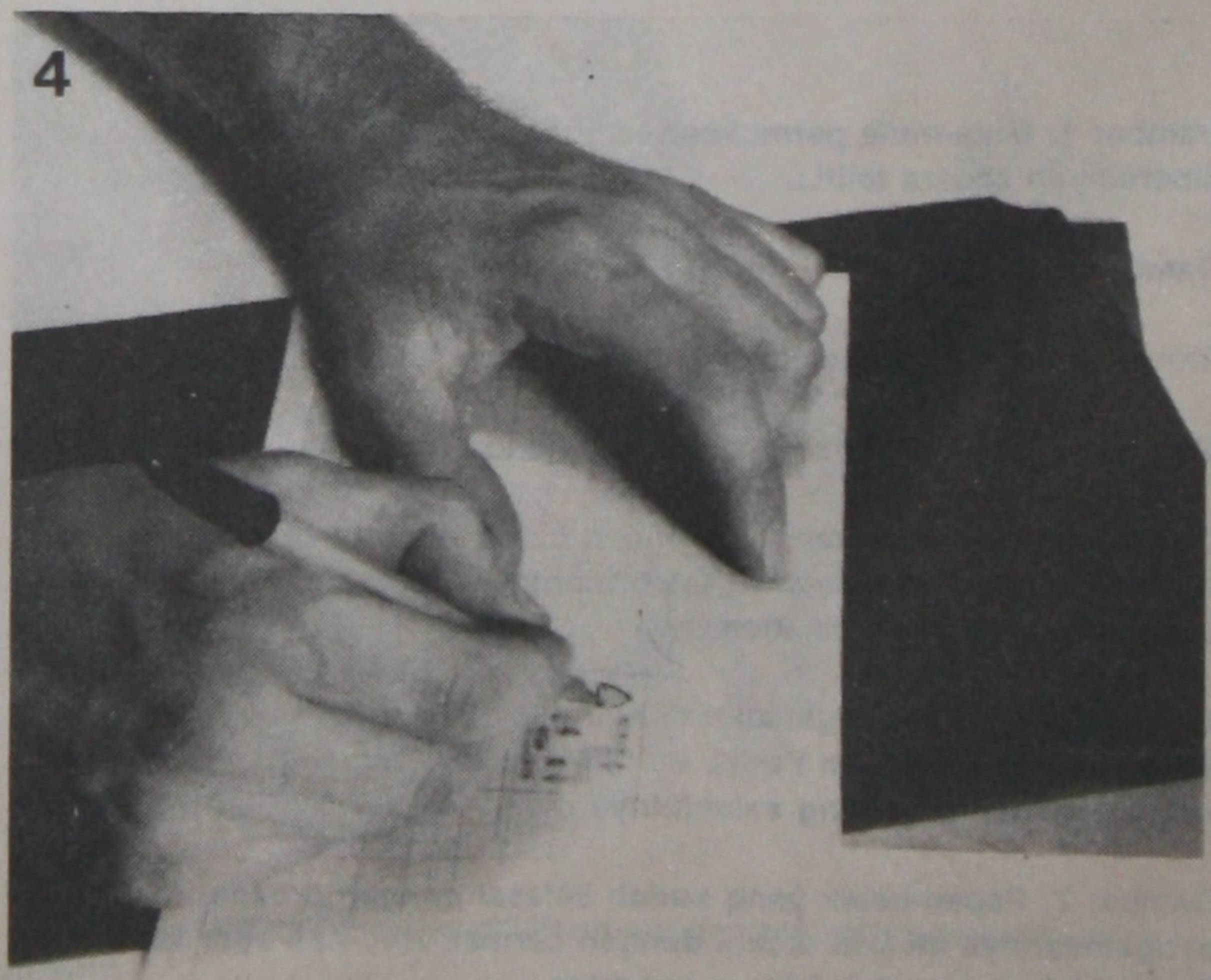
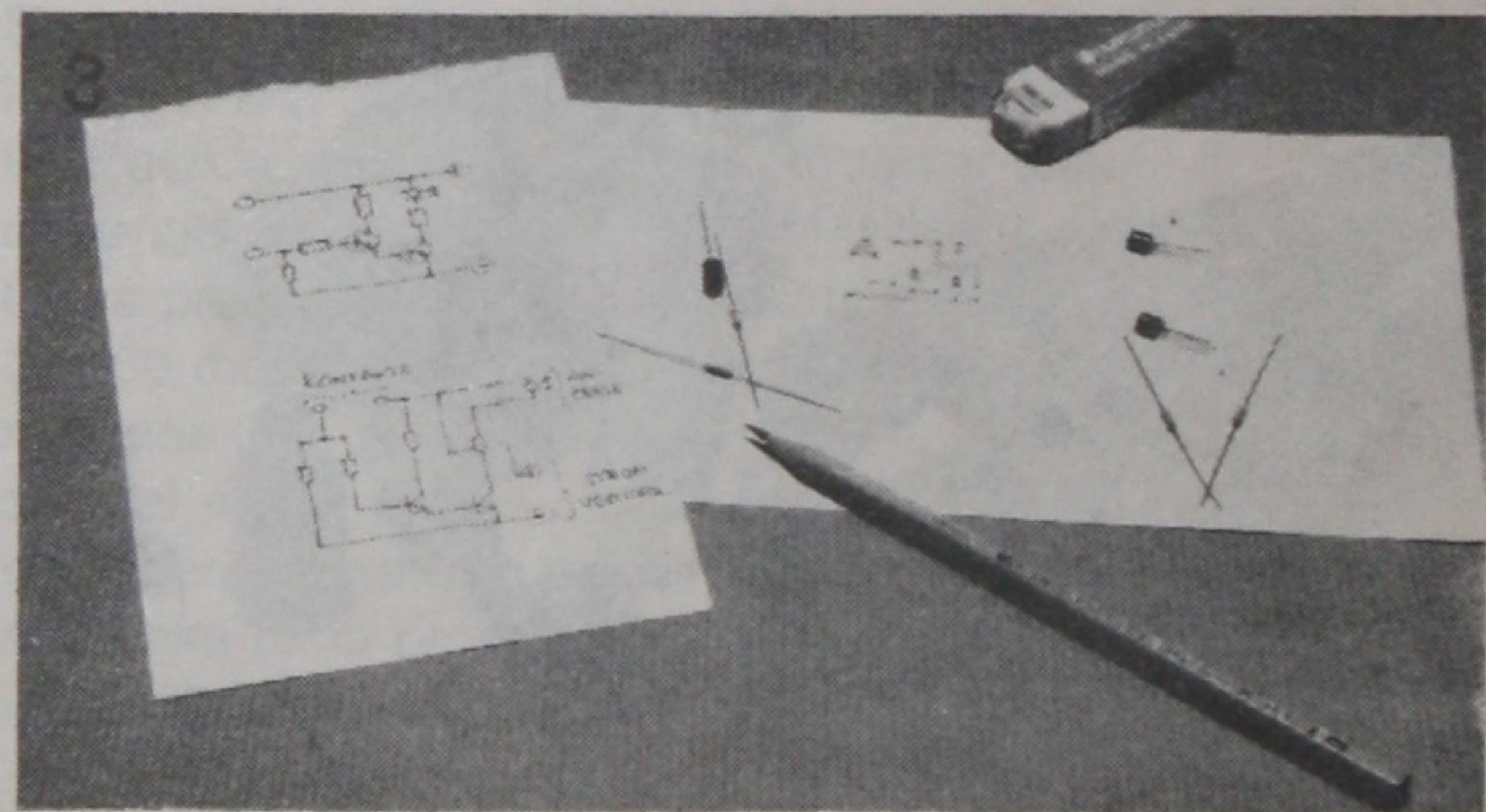
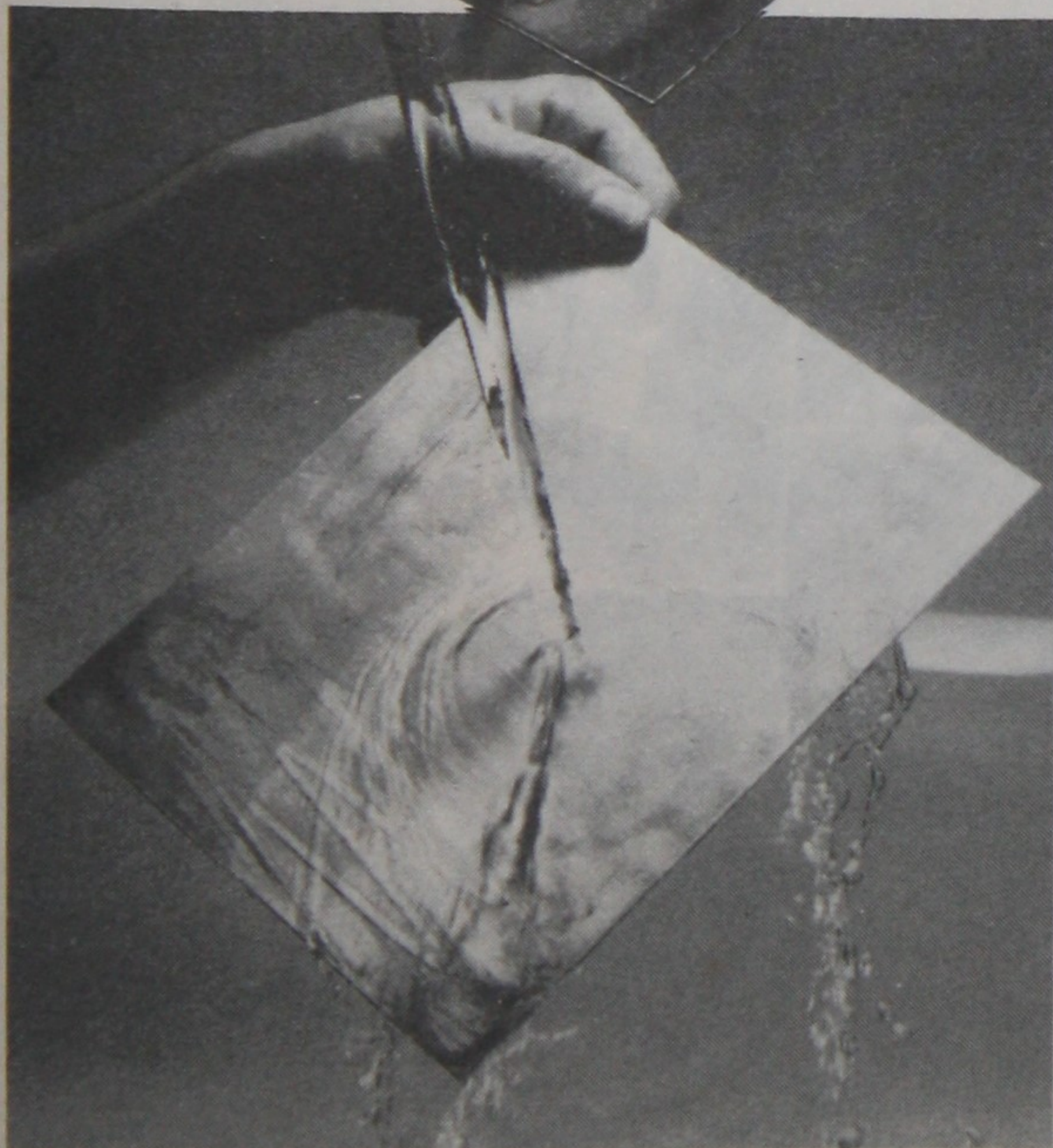
Banyak sekali alasan mengapa orang membuat sendiri papan-cetak (PCB). Ada yang bertujuan menghemat dan ada pula karena berkeinginan untuk mewujudkan sendiri desain-cetak tersebut.
Prinsip pembuatan papan-cetak sebetulnya sangat sederhana.
Bahannya berupa pelat *epoxy* atau *pertinax* yang dilapisi dengan lapisan tembaga. Pelat ini selanjutnya ditutupi dengan pola yang terdiri dari jalur-jalur dan bidang-bidang yang akan menghantarkan listrik.
Dalam proses pencucian-etsa maka bagian-bagian yang tidak ditutupi itu akan terlarut habis. Bila kemudian bagian yang ditutupi dibersihkan maka bagian tembaga yang tersisa akan muncul kembali berupa pola dari bahan tembaga.
Lubang-lubang untuk kawat-kawat sambungan ini dapat dibuat dengan jalan mengebornya dan papan-cetak ini sudah siap untuk dipakai. Perbedaan-perbedaan cara pembuatan papan-cetak pada umumnya hanya terletak dalam cara-cara memindahkan pola itu dalam bentuk lapisan-pelindung pada atas tembaga.
Di sini kita akan menguraikan metoda yang paling sederhana, bahkan mungkin agak primitif.
Untuk mendapatkan pengalaman pertama agaknya metoda inilah yang paling sesuai bila dibandingkan dengan metoda pemindahan pola ke atas tembaga melalui cara-fotografi.

Bahan Papan-cetak

Epoxy yang berkualitas baik terutama dipakai pada papan-cetak yang sudah jadi, namun pemakaian bahan *pertinax* yang lebih murahpun sudah cukup memadai, terlebih-lebih bila masalahnya adalah untuk sekedar melakukan percobaan-percobaan.
Mula-mula pelat tembaga harus dibersihkan terlebih dahulu secara teliti. Untuk maksud itu kita dapat mempergunakan wol pembersih yang halus, yang nantinya disusul dengan proses untuk

2

3

4

menghilangkan gemuk atau proses pembersihan dengan alkohol dengan spiritus atau bahan pelarut lainnya. Bubuk-cuci (seperti Vim) dapat juga membersihkan hasil dengan baik.
Papan *pertinax* yang sudah dibersihkan itu kemudian dicuci bersih dengan air seteliti mungkin kemudian dikeringkan dengan baik. Berhati-hatilah agar permukaan-tembaga tidak tersentuh lagi oleh jari tangan, sehingga bekas-bekas gemuk dapat dihindari. Peganglah papan itu pada sisi-sisinya saja.

Disain

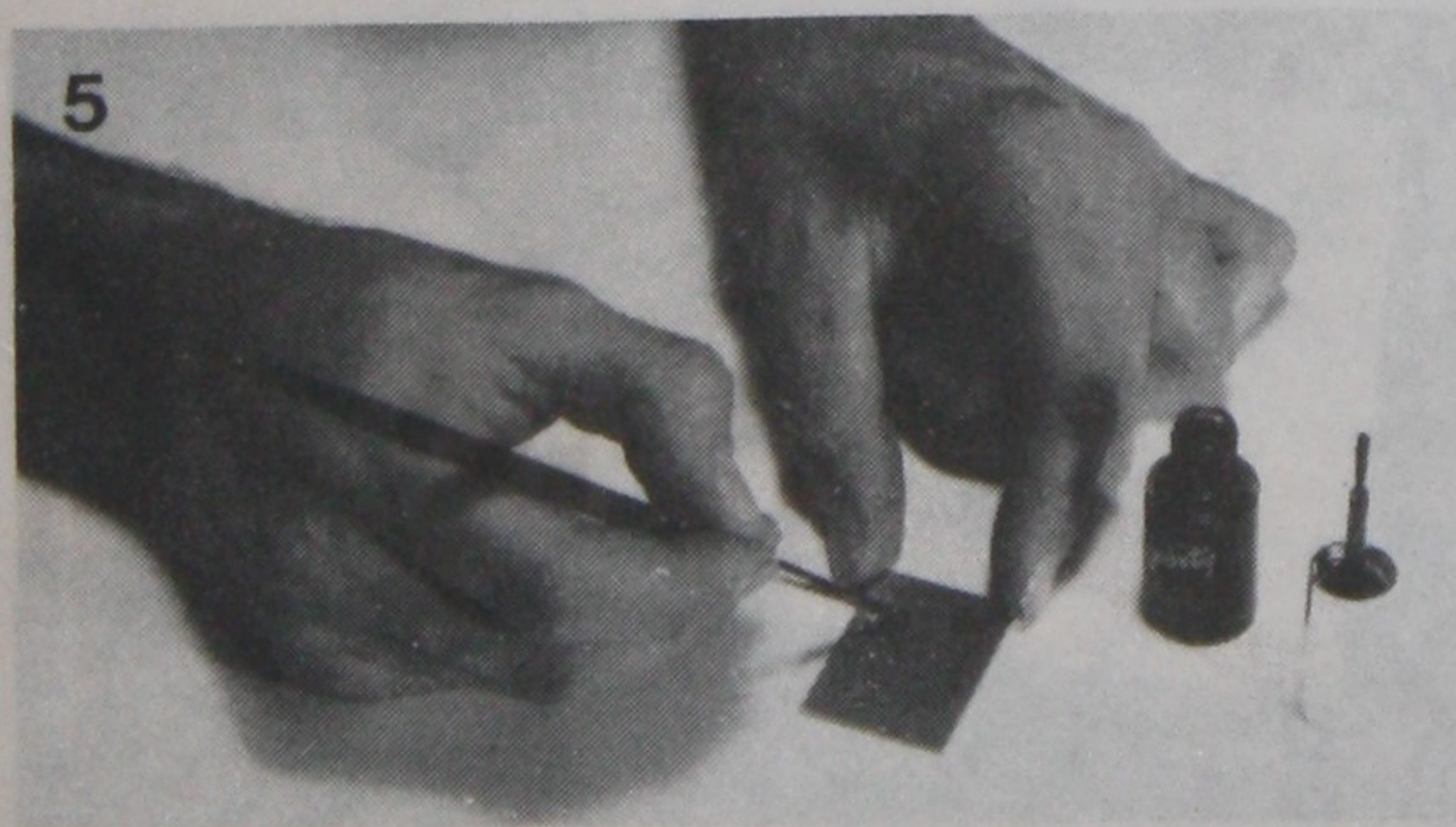
Sesudah papan cukup kering, maka tibalah waktunya untuk membuat disain dari pola-jalur. Dalam hal ini yang menjadi masalah adalah bahwa jalur-jalur tembaga ini tidak boleh saling melintas.
Bila suatu lintasan diperlukan, Anda harus melakukannya dengan membuat jembatan-kawat. Dalam keadaan aslinya mungkin saja jalur-jalur tercetak itu melalui misalnya sebelah bawah dari sebuah resistor atau kondensator. Anda harus benar-benar memperlihatkan data-data penyambungan dari komponen-komponen yang dipakai dan ini merupakan hal yang mutlak.

Kesulitan yang harus dihadapi adalah bahwa desain yang digambarkan dari pandangan atas adalah gambar-cerminnya permukaan dibaliknya yaitu pada pelat tembaga. Dengan demikian maka disain jalur penyambungan dari komponen-komponen harus digambarkan dari pandangan bawah.
Untuk membuat disain yang tepat tanpa banyak membuat jembatan-jembatan kawat merupakan pekerjaan yang memerlukan ketelitian.
Pelaksanaan untuk pertama kali cukup sulit, tetapi dengan ketekunan kita dapat menguasainya. Akan lebih mudah bila Anda mengikuti skema elektroniknya, karena skema ini memang telah dibuat sedapat mungkin menghindari hubungan yang saling melintas.

Jika diperlukan, maka pemindahan pola ke atas bahan cetak dapat dikerjakan dengan mempergunakan kertas karbon. Tetapi kita harus berhati-hati bahwa sisa-sisa karbon (bahan arang) yang tertinggal di atas tembaga, akan menyebabkan bahan-penutup sulit melekat dengan kuat pada permukaan pelat tembaga. Karena itu metoda yang akan diuraikan berikut ini akan lebih aman pelaksanaannya.
Letakkan kertas disain pada papan cetak dan tepi-tepinya dilipat seperlunya, kemudian direkatkan dengan pita rekat.

5

6

7

Gambar 1. Mula-mula permukaan-tembaga dari papan-cetak itu dibersihkan secara teliti...

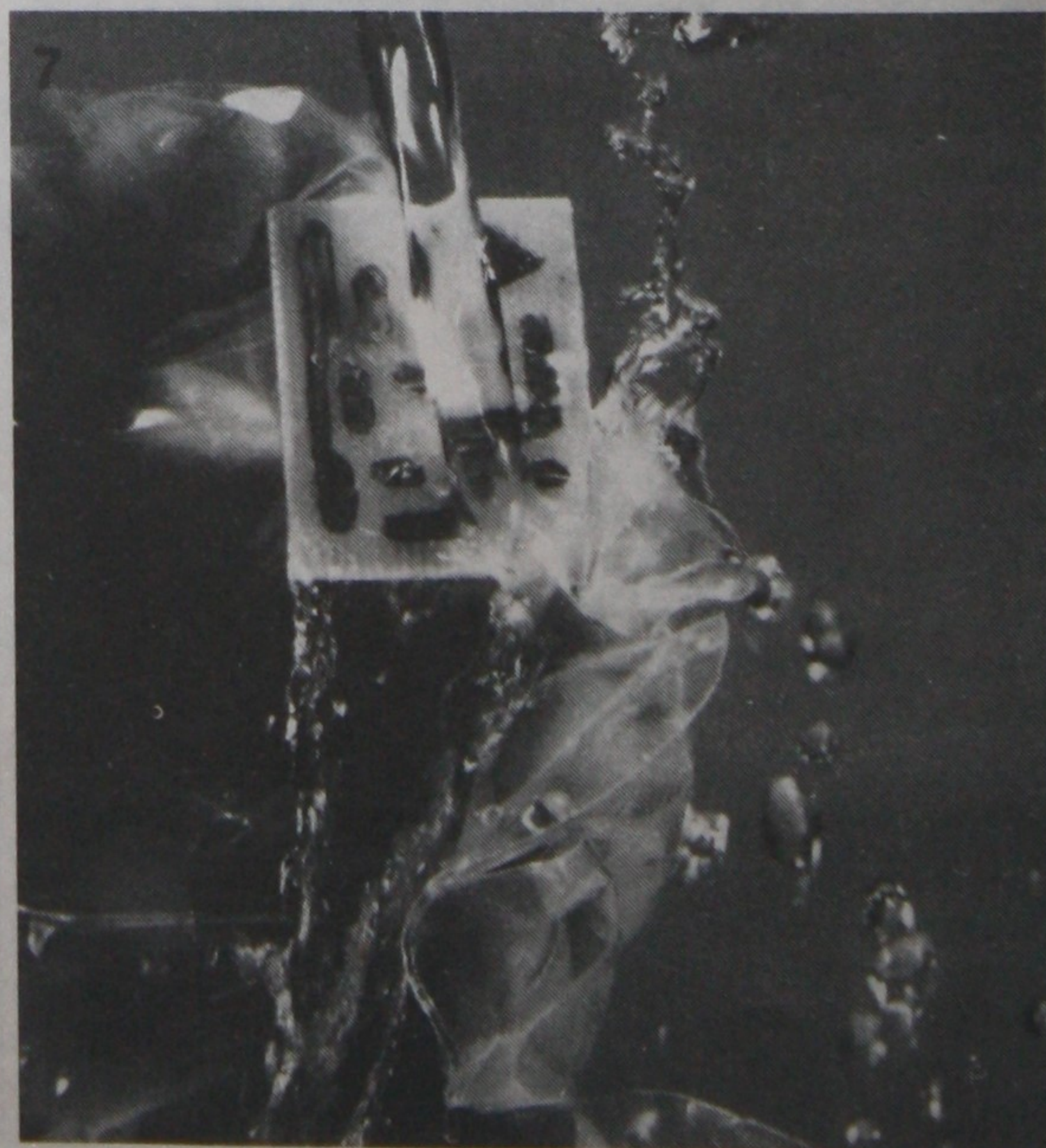
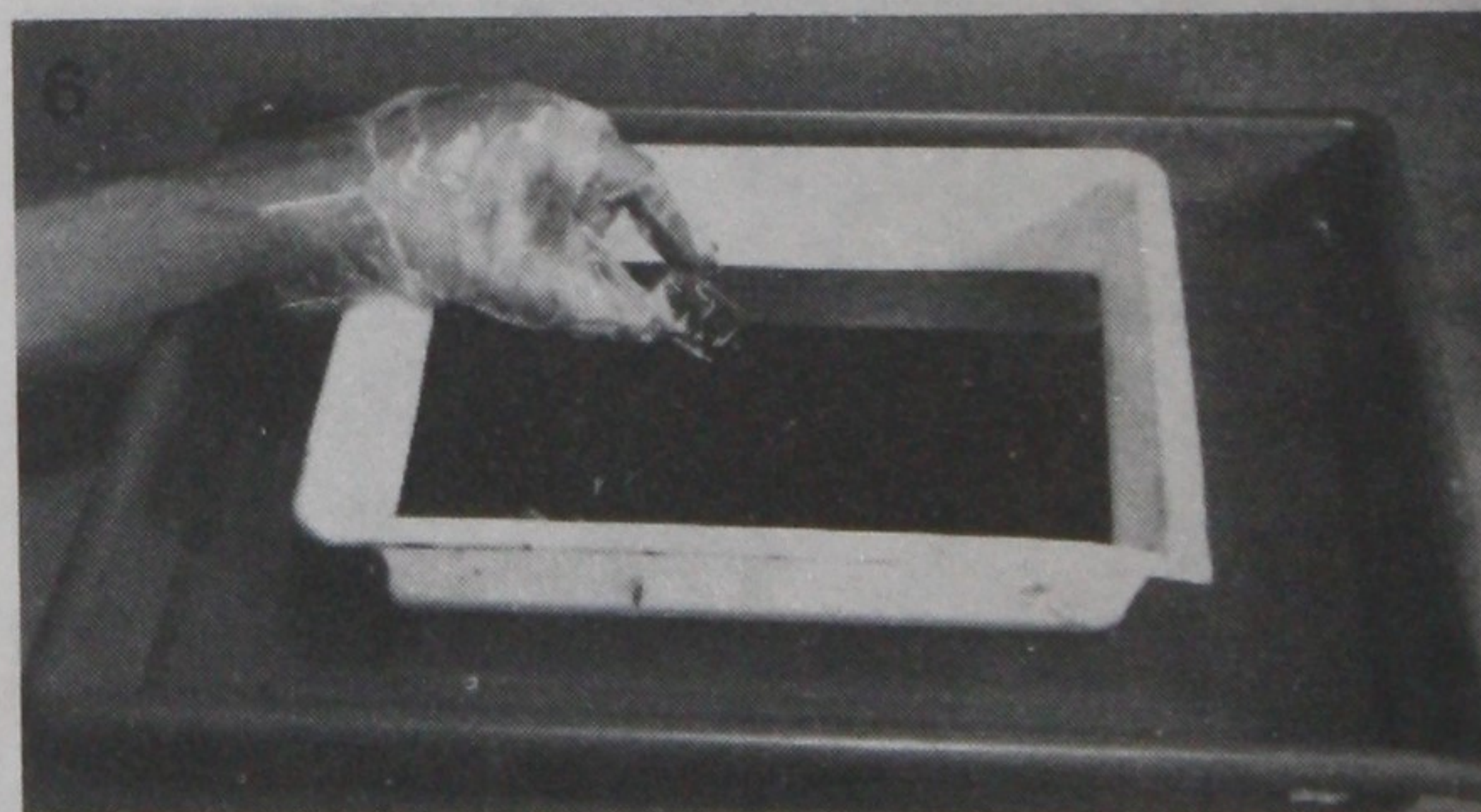
Gambar 2. .... dan dicuci dengan air mengalir.

Gamar 3. Pola jalur-jalur dapat dibuat di atas kertas-milimeter.

Gambar 4. Gambar disain itu dialihkan pada tembaga.

Gambar 5. Pola jalur yang diinginkan harus ditutup; misalnya dengan lak-kuku. Di sini papan-cetak telah dipotong dengan gergaji sesuai dengan ukuran yang dikehendaki

Gambar 6. Proses-pengetsaan di sini dilakukan dengan mencelupkannya dalam $FeCl_3$. Bahan-pengetsa tersebut berada dalam kotak pencuci-foto, yang selanjutnya dipanaskan dalam air panas.

Gambar 7. Papan-cetak yang sudah selesai dengan proses-pengetesannya ini lalu dicuci dengan cermat. Hati-hati agar kulit Anda tidak menyentuh bahan pengetsa.

Ditempat-tempat sambungan komponen-komponen yang bermunculan, kita buat lubang-lubangnya dengan cara mengebornya. Setelah pengeboran selesai, kertas tersebut disingkirkan. Lubang-lubang itu kini dijadikan sebagai titik tolak, dan jalur-jalur pola dapat dihubungkan antara titik-titik itu dengan lak-penutup.

Proses Penutupan

Lak penutup yang paling sederhana tetapi terpercaya adalah lak-kuku. Untuk percobaan kecil yang pertama pemakaian lak-kuku itu cukup baik, tetapi untuk pemakaian yang bersifat teratur biayanya cukup mahal. Pilihlah warna yang kegelap-gelapan, karena lak-kuku yang berwarna terang tidak mudah dilihat mata.

Masih banyak bahan-bahan lain yang dapat menutupi pola-pola jalur. Kecuali lak-cetak khusus, dijual juga pena-cetak oleh pedagang barang elektronik dan ini digunakan sebagai lak-selulosa. Juga pen tahan-air (misalnya yang merk "Edding" atau "Artline") sangat tahan terhadap proses etsa dan juga mudah memakainya.
Sebagai pengganti bahan-penutup jenis cairan, Anda dapat pula memakai suatu foli-tempel atau lambang-lambang gosok.
Foli-tempel itu diletakkan di atas bidang tembaga. Kini Anda dapat menggambar polanya diatas foli tersebut dengan menggunakan pensil.

Pada tempat yang tembaganya harus dihilangkan pada proses pengetsaan, maka folinya kita potong dengan pisau tajam.
Lambang-lambang gosok merupakan alat-bantu yang praktis dan selalu dapat diperoleh di toko barang elektronik. Dalam mengerjakan hal ini yang paling praktis adalah bila kita memulainya dari tempat-tempat penyolderan. Sambungan-sambungan di antaranya dapat dikerjakan kemudian.
Hal ini dapat berupa "jalur-jalur coretan" (berhati-hatilah agar sewaktu menggosok-gosok lembaran supaya tidak sampai terjadi penggeseran, karena bila demikian halnya kelak akan timbul sobekan yang sangat halus dalam jalur-pola.
Pada semua metoda penempelan dan penggosokan ini haruslah dijaga bahwa pola-pola yang dipindahkan itu benar-benar ditekan dengan keras untuk mencegah kemungkinan merembetnya bahan-etsa di sela-sela lapisan penutupan dan papan-cetak.

Proses Etsa

Proses meng-etsa bertujuan melarutkan sebagian tembaga. Bahan-bahan kimia pengetsaan bukan hanya bereaksi dengan tembaga, tetapi juga dengan kulit, pakaian, besi, aluminium dan banyak bahan-bahan lainnya. Oleh sebab itu kita harus bekerja dengan hati-hati. Untuk menjaga kemungkinan kekeliruan simpanlah bahan-pengetsaan ini dalam botol-botol bahan sintetik yang dapat ditutup rapat-rapat dan diberi etikat besar dan jelas dengan mencantumkan isi yang ada dalam botol itu.
Bilamana ada percikan-percikan bahan-pengetsa yang jatuh pada kulit atau pakaian, segera cuci sebersih mungkin dengan air dan sabun.
Ada dua macam bahan-pengetsa yang banyak/ lazim dipakai oleh para penggemar: $FeCl_3$ berbentuk bubuk kuning atau butiran yang dapat diperoleh di toko barang elektronik atau di toko obat-obatan. Untuk setiap liter air diperlukan sekitar 900 gram $FeCl_3$. (dilarutkan akan dihasilkan bahan-pengetsa sebanyak 1,5 liter).Karena $FeCl_3$ yang belum dilarutkan bersifat menyerap uap air, maka bahan ini harus disimpan dalam kotak yang tertutup rapat, misalnya kotak bukan logam yang memiliki tutup. Kotak ini juga sesuai untuk mengetsa beberapa papan-cetak yang kecil-kecil, dan hanya perlu dibubuhkan air saja. Sesudah dipergunakan, kotak ini kita tutup dengan baik dan dikembalikan pada tempatnya.
Lama proses pengetsaan 30–60 menit. Dengan cara memanaskan pengetsa sampai 40^0 C serta menggerak-gerakkan cairan itu, maka lama proses dapat dipersingkat menjadi 10–15 menit. Perhatikan pula agar jangan sampai terbentuk gelembung-gelembung gas pada tembaga yang bebas, karena gelembung demikian dapat mengusir cairan-pengetsa. $FeCl_3$ dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama.
Bahan pengetsa lain yaitu amoniumpersulfat (formula: $(NH4)_2S_2O_8$) merupakan bahan kristal putih. Untuk setiap liter air harus dilarutkan sekitar 500 gram. Untuk proses pengetsaan, cairan itu harus dipanaskan sampai 40°C dan selanjutnya perlu digerak-gerakkan terus-menerus. Bila hal ini tidak dilakukan, akan timbullah bahaya zat ini akan mengendap di atas papan-tercetak dalam bentuk kristal-kristal keras yang tidak larut. Lama proses pengetsaan sekitar 10 menit. Amoniumpersulfat yang sudah dilarutkan hanya dapat disimpan sebentar saja.
Masih ada resep-resep lain untuk cairan-cairan pengetsa yang diedarkan orang, yang sering dapat bekerja lebih cepat, tetapi sebenarnya juga lebih berbahaya (misalnya campuran asam-khlorida

Gambar 8. Lak-penutupnya dihilangkan dengan menggunakan banan-pelarut.

dengan peroksid zat-cair). Untuk para "pemula", zat-zat semacam ini sama sekali tidaklah dianjurkan. Sebagai bak (kotak) pengetsa, selain kotak plastik yang bertutup, bisa juga dipakai bak-pencuci yang terbuat dari bahan-sintetik yang banyak dipergunakan dalam proses fotografi.
Cara memanaskan bak-pengetsa ini, ialah dengan menempatkan bak-pengetsa ini di atas bak yang lebih besar yang berisi air panas.
Selama proses-pengetsaan berjalan, kita harus memperhatikan papan-cetak dan sering mengeluarkan papan-cetak dengan menggunakan penjepit yang terbuat dari kayu atau bahan-sintetik. Dengan demikian kita dapat mengawasi apakah bahan penutup itu masih utuh atau tidak.

Pekerjaan Penghalusan

Sesudah proses-pengetsaan maka papan-cetak ini harus Anda cuci seteliti mungkin dengan air yang mengalir. Lak penutup itu disingkirkan dengan menggunakan zat-pelarut yang sesuai untuk itu, misalnya zat penghapus lak-kuku, alkohol atau tiner.

Akhirnya dilakukanlah pekerjaan pengeboran (bila hal itu belum dilakukan). Kita tidak perlu untuk membeli sebuah mesin-bor khusus untuk itu. Bila kita ingin berhemat dalam pengeboran ini, maka kitapun perlu mempergunakan sebuah mesin bor kecil yang mempunyai dudukan. Untuk sebagian besar sambungan-sambungan dapat dipergunakan diameter bor ukuran 1 mm, dan untuk potensiometer diperlukan ukuran-ukuran 1,2 mm atau 1,5 mm. Bila mesin-bor itu mempunyai putaran yang dapat diatur, maka yang dipilih hendaknya adalah putaran yang tertinggi.

9

Gambar 9. Untuk melaksanakan pengeboran lubang-lubang kecil dari 1 mm, kita dapat mempergunakan mesin-bor normal yang berada dalam dudukan.

Metoda Fotografi

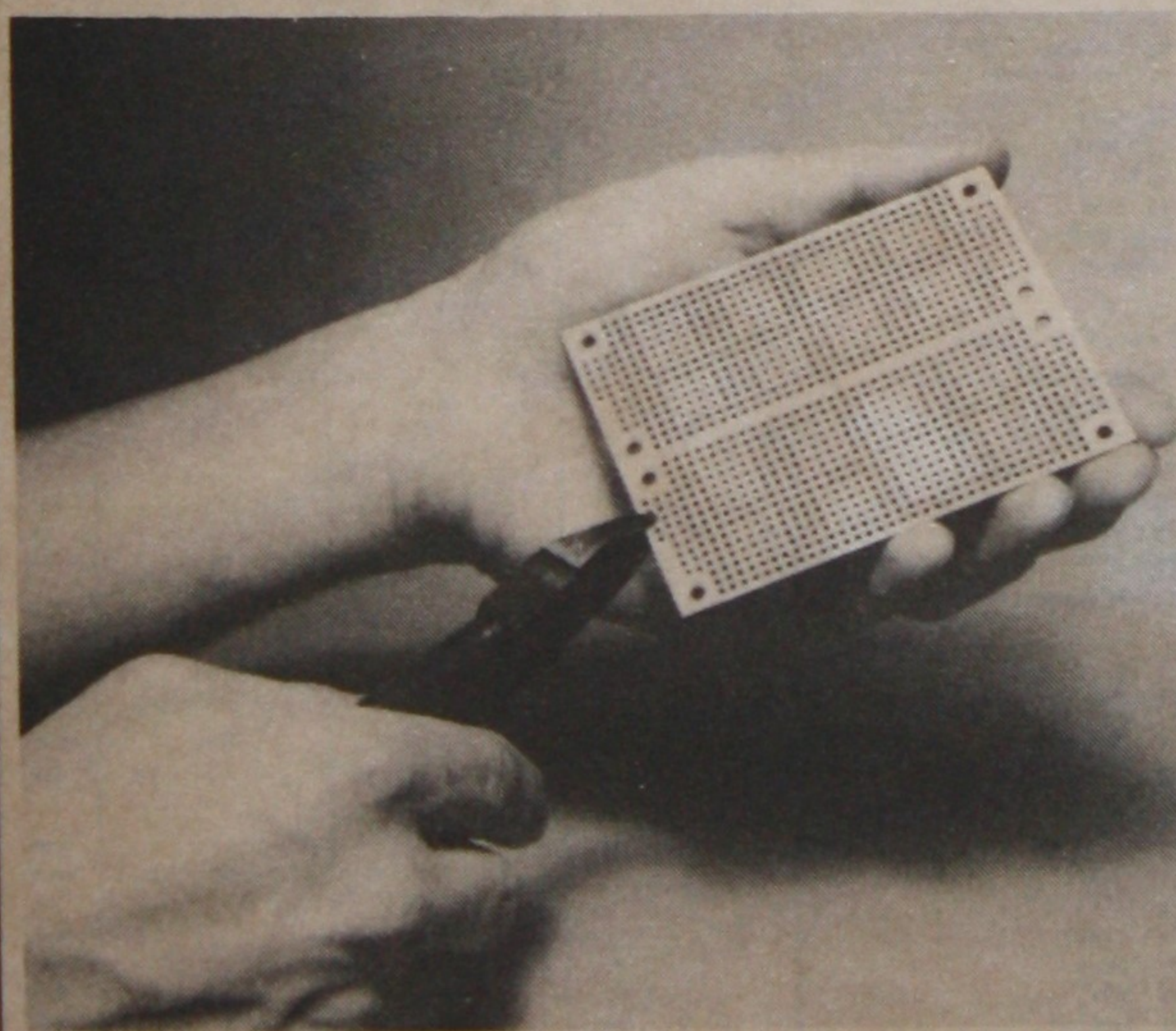
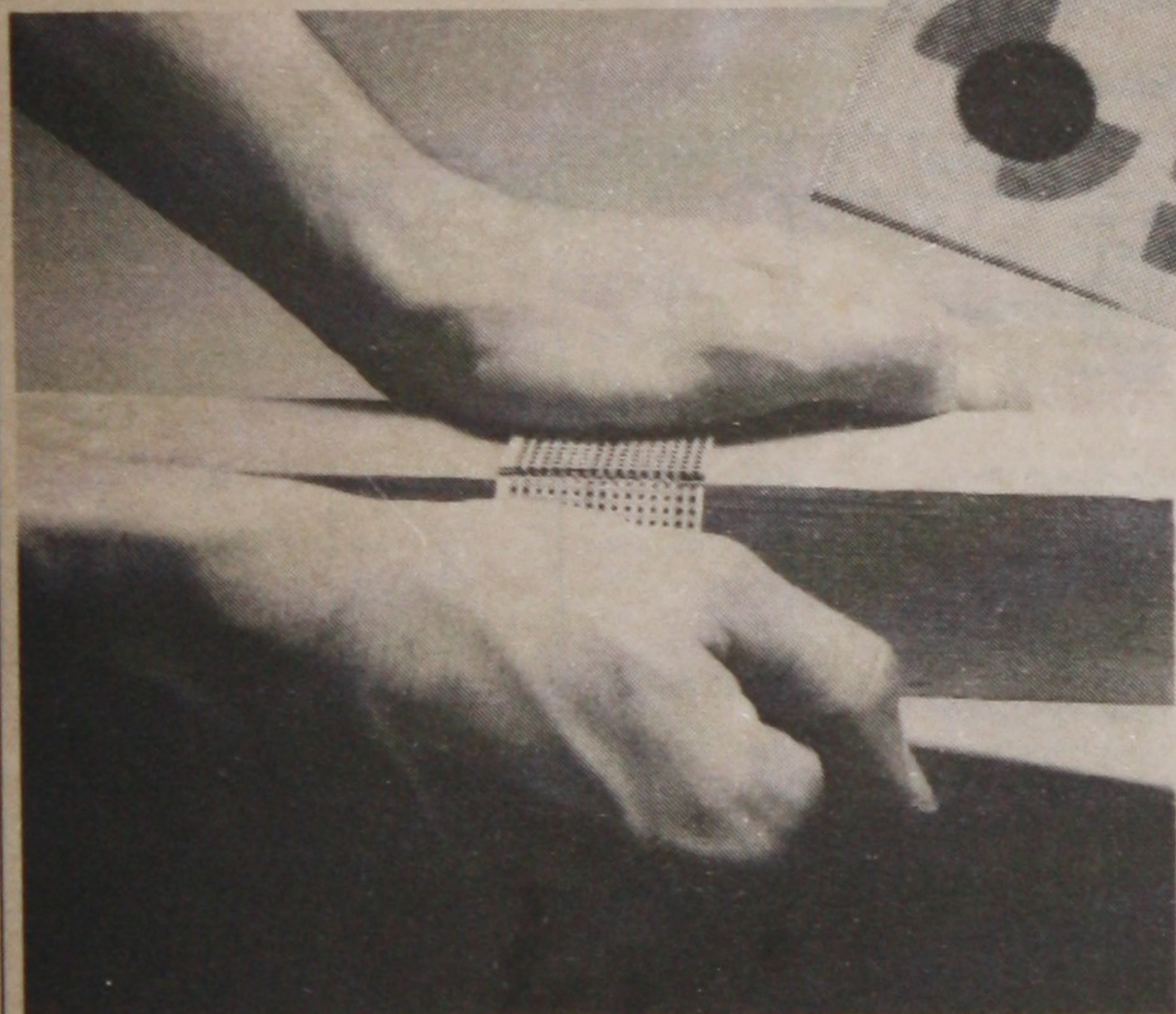
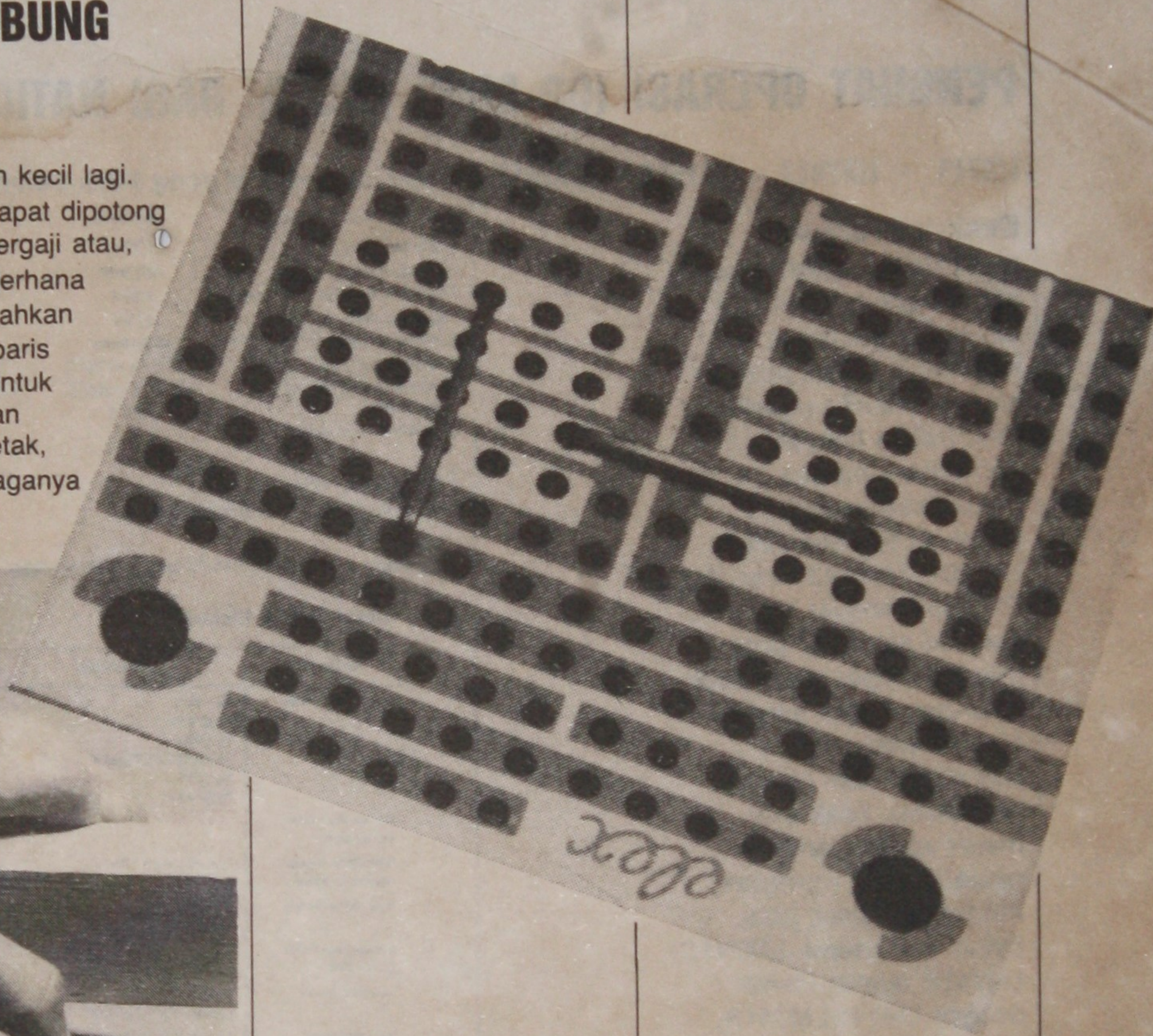
Untuk mendisain papan-cetak yang cukup rumit serta untuk memproduksinya dalam jumlah banyak maka pengerjaan "melukis – atau menggosok" yang padat-karya ini, ternyata kurang efisien. Dalam hal ini mula-mula Anda membuat disain papan-cetak itu di atas kertas biasa atau transparan, yang nantinya secara fotografis akan dialihkan ke atas tembaga.
Untuk metoda-metoda tersebut, kita dapat membuat papan-cetak yang rumit dan disarankan untuk membaca buku-buku khusus mengenai hal itu.
Pada gambar 10 kita telah mencetak tata-letak dari sebuah papan-cetak Elex ukuran (40 × 100) mm. Pihak pemotret dapat membuatkan film positifnya (berskala 1:1).
Selanjutnya Anda dapat membuat sendiri papan cetak Elex melalui cara/sistem fotografi (pemotretan).
Sisi yang diperlihatkan adalah sisi-tembaga, yakni bila tata-letak itu diletakkan di atas tembaga, dan sewaktu dilakukan penyinaran di atasnya, maka kata "elex" harus dapat dibaca secara jelas.

Hendaklah diingat bahwa membuat papan-cetak sendiri, bila dilakukan untuk pertama kalinya, jarang akan berhasil dengan sempurna. Dalam hal inipun berlaku pedoman bahwa guru yang terbaik adalah pengalaman praktek dan dari latihan-latihan yang dilakukan akan lahirlah apa yang dikatakan seni itu.
Semoga sukses! •

10

Gambar 10. Pola jalur-jalur tembaga dari papan-cetak Elex. Dengan bantuan pola ini secara fotografi Anda dapat membuat sendiri papan cetak Elex ini.

2. MEMATAHKAN PCB BERLUBANG DAN KAWAT PENGHUBUNG EKONOMIS

Banyak sambungan Elex berukuran kecil dan sederhana sehingga tidak memerlukan keseluruhan luas papan-cetak-Elex yang terkecil sekali pun (berukuran 40 x 100 mm). Bahan papan–cetak sisanya masih cukup untuk eksperimen atau percobaan yang lebih kecil lagi. Sisa ini dapat dipotong dengan gergaji atau, lebih sederhana lagi, dipatahkan menurut baris lubang. Untuk ini letakkan papan- cetak, sisi tembaganya menghadap ke bawah, tepat dengan baris lubang yang ingin dipatahkan pada tepi yang tajam (balok atau meja). Kemudian, bagian yang mengarah keluar dapat ditekan dengan tangan ke arah bawah hingga patah (lihat foto). Garis patahan yang kasar ini dapat dihaluskan dengan kikir. Juga mungkin untuk mematahkan papan-cetak ini membujur menurut arah panjangnya. Dalam hal ini, dianjurkan untuk membuat takikan dengan tang pemotong pada baris lubang. Pada waktu mematahkan diadakan tekanan lebih besar di sebelah takikan. Di tempat inilah mulai patah yang kemudian menjalar ke pinggir di sebelah lainnya.

Selanjutnya diketemukan juga kawat penghubung siap pakai yang paling murah. Peter, salah seorang dari tenaga ahli papan-cetak Elex, mempunyai gagasan menggunakan isi stepler dari tembaga sebagai kawat penghubung. Isi stepler ini menjembatani secara tepat jarak antara enam lubang (12,7 mm) dan mudah disolder. Silakan mencoba!

LAMPIRAN

PENGUAT OPERASI (OP-AMP) LINIER DARI NATIONAL SEMICONDUCTOR

LM741 — LM741A — LM741C — LM741E

Deskripsi umum:

Seri LM741 adalah penguat operasi untuk keperluan umum yang kualitas kerjanya melebihi standar-standar industri sejenis LM 790. Dalam banyak penerapan, mereka merupakan pengganti langsung tipe-tipe 709C, LM 201, MC 1439 dan 748. Penguat-penguat itu memiliki sifat-sifat yang membikin operasinya tidak akan gagal; ada proteksi pembebanan-lebih di jalanmasuk dan juga di jalankeluar, tidak akan macet apabila jangkah moda tunggal *(common mode)* dilampaui; juga bebas dari osilasi. LM741C/LM741E adalah identik dengan LM741/LM741A, terkecuali bahwa LM741C/LM741E memiliki kualitas kerja yang terjamin dalam jangka suhu antara 0°C hingga +70°C, dan bukannya antara −55°C hingga +125°C.

Batas maksimum yang tidak boleh dilampaui:

Tarif Maksimum Mutlak	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Tegangan catu	±22V	±22V	±22V	±18V
Borosan Daya	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Tegangan masukan diferensial	±30V	±30V	±30V	±30V
Tegangan masukan	±15V	±15V	±15V	±15V
Lama hubungsingkat keluaran	taktertentu	taktertentu	taktertentu	taktertentu
Jelajahan suhu operasi	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Jelajahan suhu simpan	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Suhu timah (Penyolderan 10 detik)	300°C	300°C	300°C	300°C

Pemborosan (disipasi) daya:
LM741A: 500 mW untuk semua tipe.

Tegangan masukan: ±15 V untuk semua tipe.

Karakteristik Elektrik

PARAMETER	CONDITIONS	LM741A/LM741E MIN	LM741A/LM741E TYP	LM741A/LM741E MAX	LM741 MIN	LM741 TYP	LM741 MAX	LM741C MIN	LM741C TYP	LM741C MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ C$										
	$R_S \leq 10\ k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
	$R_S \leq 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \leq 10\ k\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							μV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ C$, $V_S = \pm 20V$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ C$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ C$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ C$, $V_S = \pm 20V$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \leq T_A < T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$	0.5									MΩ
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ C$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ C$, $R_L > 2\ k\Omega$										
	$V_S = \pm 20V$, $V_O = \pm 15V$	50									V/mV
	$V_S = \pm 15V$, $V_O = \pm 10V$				50	200		20	200		V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L > 2\ k\Omega$										
	$V_S = \pm 20V$, $V_O = \pm 15V$	32									V/mV
	$V_S = \pm 15V$, $V_O = \pm 10V$				25			15			V/mV
	$V_S = \pm 5V$, $V_O = \pm 2V$	10									V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$										
	$R_L > 10\ k\Omega$	±16									V
	$R_L > 2\ k\Omega$	±15									V
	$V_S = \pm 15V$										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ C$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$										
	$R_S \leq 10\ k\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50\ k\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$	80	95								dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A < T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$										
	$R_S \leq 50\Omega$	86	96								dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$				77	96		77	96		dB
Transient Response	$T_A = 25^\circ C$, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		μs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth	$T_A = 25^\circ C$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ C$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ C$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ C$										
	$V_S = \pm 20V$		80	150							mW
	$V_S = \pm 15V$					50	85		50	85	mW
LM741A	$V_S = \pm 20V$										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$			150							mW
	$T_A = T_{AMIN}$			150							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			150							mW
LM741	$V_S = \pm 15V$										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Dual In Line Package

Dual In Line Package

Elektronika bukan nama yang asing lagi bagi kita. Perkembangan ilmu ini begitu cepat dan tanpa disadari dalam waktu yang relatif singkat telah diperoleh penemuan baru. Penemuan ini dapat berupa penyempurnaan dalam merancang sistem elektronika sehingga diperoleh rangkaian yang lebih efisien atau peningkatan teknik pembuatan komponen sehingga diperoleh komponen yang lebih berdaya guna.

Buku **Informasi Praktis Elektronika** ini menghimpun informasi yang berhubungan dengan elektronika dan dikelompokkan dalam beberapa bagian, yaitu: mengenal komponen, ruang pemula, teori penunjang, aneka proyek, informasi praktis dan tip, dan bengkel instrumentasi.

Pada bagian **mengenal komponen** selain dijelaskan sifat-sifat komponen pasif, juga diterangkan komponen aktif, antara lain dioda zener, dioda-foto, dioda-kapasitas, transistor khusus, dan IC. Sedang dalam bagian **ruang pemula dan teori penunjang** dijelaskan prinsip penggabungan dua buah dioda, kapasitas, rangkaian dasar transistor, dan lanjutan teknik pengukuran.

Di bagian **aneka proyek** tersedia sepuluh rangkaian yang siap untuk dipraktekkan lengkap dengan keterangan cara merakit dan cara kerja rangkaian. Jika Anda senang dengan rangkaian **audio**, Anda dapat memilih proyek penguat mini, alatukur-Milivolt, atau alatukur-Vu dengan LED. Bila ingin menambah koleksi alatukur, dapat merangkai proyek akal tambahan untuk multimeter atau alatuji transistor. Pada bagian informasi praktis dan tip diterangkan cara kerja peraga LCD, elektronika-opto, dan cara menguji transistor dengan telunjuk.

Membuat PCB tidak susah asal pengetahui tahap-tahap kerja dan bahan-bahan yang dipakai. Penjelasan selengkapnya dapat dilihat pada bagian **bengkel instrumentasi.**